ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 NOVEMBRE 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Nous avons encore une perte bien cruelle à déplorer : M. **André Blondel**, qui appartenait depuis le 19 mai 1913 à la Division des Académiciens libres, est mort le 15 novembre à Paris.

Il était né à Chaumont (Haute-Marne) le 28 août 1863. Ancien élève de l'École polytechnique, il entra en 1885 dans le Corps des Ponts et Chaussées et fut nommé Ingénieur en 1888, le premier de sa promotion. Il suivit alors, comme il l'a rappelé dans sa *Notice*, les cours de la Sorbonne où il obtint les licences ès sciences mathématiques et physiques. Il aurait préparé une thèse de doctorat si, alors qu'il était en pleine jeunesse et qu'il pouvait regarder l'avenir avec confiance, un mal terrible n'était venu le frapper : il devint brusquement impotent, presque incapable de se mouvoir et fut désormais condamné à garder la chambre et même, pendant longtemps, le lit. Il est resté pendant presque toute sa vie dans cette cruelle situation. C'est seulement pendant ses dernières années qu'il a pu sortir parfois plus librement et même, très rarement il est vrai, venir assister à nos séances. Beaucoup d'entre nous ne l'ont guère vu que chez lui, à l'occasion de leurs visites de candidature. Mais ils n'ont pas oublié l'accueil bienveillant qu'ils recevaient chez ce malade dont le visage était calme et souriant et dont le beau regard reflétait la vive intelligence.

Lorsqu'il avait été ainsi cruellement atteint, André Blondel n'avait pas

perdu courage; il avait délibérément choisi de chercher dans le travail l'oubli de sa déchéance physique et jusqu'à sa mort, pendant une cinquantaine d'années, il n'a cessé de poursuivre inlassablement ses recherches de science pure et ses travaux d'ingénieur. Il faisait faire par d'autres, près de lui, les expériences qu'il ne pouvait faire lui-même; on lui apportait et il faisait essayer en sa présence les instruments nouveaux qu'il ne cessait d'imaginer, et c'est autour de son lit que se sont faits, le plus souvent, les travaux des Commissions dont il faisait partie. Il n'avait guère, pour se reposer de ce labeur incessant, que les visites de quelques amis. En revanche, comme son infirmité le dispensait de bien des occupations qui gaspillent trop souvent le temps des hommes de science, comme il n'a eu jamais à faire aucune démarche (par exemple lorsque plusieurs membres de l'Académie des Sciences le décidèrent à accepter qu'on posât sa candidature dans la Division des Académiciens libres), son travail a été exceptionnellement fructueux. Il s'est prolongé pendant toute cette longue période, ces dernières semaines encore, vous le savez, il nous envoyait comme d'habitude, ses Notes aux *Comptes rendus* qui toujours éclaircissaient des points obscurs ou apportaient des résultats nouveaux.

Je ne puis songer à analyser dans son ensemble cette œuvre considérable. Je dois me borner à quelques exemples.

A sa sortie de l'École des Ponts et Chaussées il avait été attaché au Service Central des Phares; il resta fort longtemps à ce service, jusqu'en 1927; ce fut le point de départ de ses travaux sur la lumière. L'optique industrielle et la photométrie lui sont redevables de formules et de méthodes pour le calcul et la mesure de la puissance des grands appareils d'optique, d'un système de grandeurs et d'unités sanctionné par le Congrès international de Genève en 1896 où il avait introduit, de la manière la plus heureuse, la considération du *flux lumineux*. Cette notion est particulièrement importante puisque ce flux qui se propage dans un faisceau de rayons est proportionnel au flux d'énergie rayonnante, le coefficient de proportionnalité dépendant de la distribution spectrale de cette énergie. Le *lumenmètre* de Blondel a été le premier instrument propre à mesurer ce flux lumineux : André Blondel s'en est servi lui-même dans ses recherches sur le rendement des arcs électriques qui l'ont conduit à réaliser dans le domaine de l'éclairage, particulièrement en ce qui concerne les *arcs à flammes*, des progrès très importants.

Les lois relatives à la perception des *lumières brèves* et à la *portée des signaux lumineux* ont été également l'objet de ses études attentives; il en a

fait une bonne part en collaboration avec son ami, notre regretté confrère Jean Rey. L'éclairage de nos côtes a grandement bénéficié des perfectionnements apportés par M. Blondel à la construction des phares.

Chargé d'étudier la production et l'emploi des arcs à courants alternatifs pour ces phares, il a été amené bien vite à constater l'insuffisance des connaissances que l'on avait alors sur ces courants, et à réaliser les instruments nécessaires pour leur étude précise. C'est ce qui l'a conduit à imaginer un instrument entièrement nouveau, l'*oscillographe*, caractérisé par l'emploi d'équipages galvanométriques à période extrêmement courte. Cet instrument, que Blondel n'a cessé de perfectionner, a eu un très grand succès dans le monde entier, son oscillographe à fer doux et bifilaire a remporté le premier prix à l'Exposition de Saint-Louis en 1904.

En 1893, Blondel avait été chargé quelque temps, à l'École des Mines, de la suppléance de Potier (dont il devait plus tard publier les Œuvres), mais il fut bien vite chargé, à l'École des Ponts et Chaussées, d'organiser à cette école l'enseignement de l'Électrotechnique. C'est ce qui le conduisit à élucider les théories encore obscures de diverses machines industrielles à courants alternatifs. Utilisant à la fois l'analyse et l'emploi de la représentation vectorielle des fonctions sinusoïdales, qui venait d'être introduite en électrotechnique par Blakesley, il a pu apporter dans la théorie de presque toutes ces machines des solutions nouvelles. Au dernier Congrès international d'Électricité, tenu à Paris en 1932, M. Clarence Feldmann, chargé du rapport sur le développement de la connaissance des machines électriques, a souligné l'importance de ces travaux et l'élégance des solutions. On peut citer particulièrement la représentation géométrique nouvelle (le diagramme bipolaire) qu'il a créée pour l'étude des alternateurs, moteurs, commutatrices etc., et la théorie *des deux réactions* qu'il a créée pour l'étude des alternateurs polyphasés, et qui établit un lien direct entre ces machines et les machines à courant continu. Les méthodes de M. Blondel ont trouvé de nombreuses applications dans l'industrie, ainsi que ses procédés de calcul des lignes électriques.

Je voudrais encore rappeler la théorie qu'il a donnée des *oscillations des alternateurs accouplés* et, parmi ses nombreux travaux sur les ondes électriques, souligner que Blondel eut le premier l'idée d'appliquer les propriétés d'un cadre récepteur fermé et mobile à la détermination du gisement d'un navire ou de tout autre objet, ce qui est le principe de la *radiogoniométrie;* que c'est sur son initiative, et d'après ses plans qu'ont été réalisés les premiers phares hertziens ou *radiophares*, si précieux pour la navigation,

enfin qu'il a indiqué dès 1902 le principe de la *téléphonie sans fil* par variation d'amplitude des ondes entretenues.

André Blondel a pu, avant de mourir, avoir la satisfaction de constater qu'un projet auquel il avait beaucoup travaillé allait enfin être réalisé. C'est dès 1904 que fut établi le projet (de Blondel, Harlé et Mahl) du transport à Paris de l'énergie du Haut Rhône. Ce projet paraissait alors très hardi, à cause de la tension très élevée nécessitée par la longueur de la ligne; il aurait été exécuté aussitôt, si des lenteurs administratives et l'opposition irréfléchie d'un département n'avaient soulevé des difficultés. C'est pour cette seule raison que les premières distributions d'énergie électrique à grande distance et à haute tension ont été faites ailleurs qu'en France.

J'exprime à la famille de notre Confrère, qui fut à la fois un savant et un ingénieur éminent, nos sentiments de profonde sympathie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Teneur en méthoxyle des tissus lignifiés.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Georges Brooks**.

Tandis que les membranes cellulaires des tissus pectiques ([1]) sont imprégnées de pectose et de pectine, composés dans lesquels existent des groupements $-COO.CH^3$ d'esters méthyliques, celles des tissus lignifiés sont envahies par le lignol et la vasculose dans lesquels se trouvent des groupements $-CO.CH^3$ d'éthers phénylméthyliques.

L'étude de la présence et des variations quantitatives des esters et des éthers méthyliques dans les tissus végétaux n'a pas seulement un intérêt théorique, elle présente aussi une certaine importance dans plusieurs fabrications industrielles, en particulier dans celles de l'alcool de bois, du méthylène, de la créosote etc. On sait, notamment depuis les travaux de Béhal et de Choay, que le gaïacol ou méthylpyrocatéchol $C^6H^4\langle{}^{OH}_{OCH^3}$ est un des principaux constituants de la créosote obtenue par distillation pyrogénée du bois ([2]).

D'autre part, les dosages de l'alcool méthylique et, mieux encore, celui

([1]) G. Bertrand, *Ann. Off. nat. Comb. liq.*, 11, II, 1936, p. 191.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 11, 1894, p. 532 et 939; *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 293.

de l'iodure de méthyle sont devenus réalisables avec une bonne précision et peuvent servir au contrôle d'origine ou de pureté de nombreuses substances végétales, principalement des celluloses brutes. Pour ces diverses raisons, nous avons entrepris la détermination quantitative du radical — CH^3 dans les bois et dans les diverses substances dont nous avons déjà fait connaître la composition à d'autres points de vue ([3]).

Nous avons utilisé la méthode la plus générale, celle qui est basée sur la transformation des groupes méthylique et oxyméthylique en iodure de méthyle par distillation avec un excès d'acide iodhydrique concentré. L'iodure organique produit est dirigé dans une solution alcoolique de nitrate d'argent; il se précipite une combinaison d'iodure et de nitrate argentiques de la formule $IAg.2NO^3Ag$ que l'on dissocie en ses composants par ébullition avec de l'eau. On recueille l'iodure d'argent, on le pèse et on calcule, selon les besoins, en — CH^3 ou en — OCH^3. C'est le principe de la méthode proposée par Zeisel en 1885 pour doser les groupements — OCH^3 dans les substances organiques ([4]) et employée pour le même dosage dans quelques échantillons de bois, d'abord en Allemagne par Benedict et Bamberger ([5]), puis aux États-Unis par A. Wheeler ([6]), par R. Rose et M. Lisse ([7]), par A. Schorger ([8]) et par W. Dore ([9]). En Angleterre, Cross et Bevan l'ont appliquée à la fibre de jute (*Cellulose*, 1916, p. 93).

La méthode de Zeisel est simple dans son principe, mais elle demande des soins particuliers dans son application. Il faut, en premier lieu, éviter tout entraînement de gaz acide iodhydrique qui, réagissant sur le nitrate métallique, augmenterait le poids du précipité et donnerait un dosage trop fort. Il faut, par contre, obtenir une production totale de l'iodure de méthyle, sinon le dosage serait trop bas. Or l'attaque de certaines substances organiques par l'acide iodhydrique est difficile, et ceci est le cas, en particulier, avec les bois et les tissus fortement lignifiés.

A l'aide d'un appareil que nous avons fait construire à cet usage et d'un

---

([3]) G. Bertrand et G. Brooks, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 162; *Ann. Off. nat. Comb. liq.*, 12, I, 1937, p. 7; 12, V, 1937, p. 905.

([4]) *Monatsh. f. Chemie*, 6, 1885, p. 909; 7, 1886, p. 406.

([5]) *Ibid.*, 11, 1890, p. 260.

([6]) *Ber. d. chem. Ges.*, 38, 1905, p. 2168.

([7]) *Ind. Eng. Chem.*, 9, 1917, p. 284.

([8]) *Ibid.*, 9, 1917, p. 556 et 561.

([9]) *Ibid.*, 12, 1920, p. 472 et 476.

mode opératoire que notre expérience nous a permis de mettre au point ([10]), nous avons déterminé la teneur en méthoxyle de presque tous les échantillons de bois et d'autres substances examinés dans les publications précédentes ([1]) ([2]). Les résultats obtenus sont présentés en deux tableaux dans le même ordre que ceux relatifs aux autres déterminations. Les noms français figurent seuls, cette fois, pour gagner de la place.

TABLEAU I.

Nom des bois.	Méthoxyle pour 100 de matières sèches. Tronc.	Branche.	Nom des bois.	Méthoxyle pour 100 de matières sèches. Tronc.	Branche.
Tilleul	4,59	3,45	Peuplier	3,74	
Érable champêtre	6,70	5,12	Tremble	4,18	5,60
Érable sycomore	4,96		Aulne	3,23	5,98
Frêne	3,10	3,87	Bouleau	4,54	5,03
Charme	3,28	4,72	Epicéa	1,90	4,97
Châtaignier	4,97	6,04	Mélèze	6,02	7,21
Chêne pédonculé	5,08	5,44	Pin maritime	3,06	4,02
Chêne rouvre	5,10	5,26	Pin sylvestre	3,23	5,94
Hêtre	4,89	5,69	Sapin pectiné	3,15	5,70

TABLEAU II.

Désignation des échantillons.	Méthoxyle pour 100 de matières sèches.	Désignation des échantillons.	Méthoxyle pour 100 de matières sèches.
Paille d'avoine	5,34	Fibres de lin de Lille	0,66
» de blé	1,49	» de Pissabeiras	4,07
» d'orge	2,47	» de ramie	0,17
» de seigle	4,64	» de raphia	2,48
Feuilles d'alfa	3,17	Coque de noyau d'abricot	6,18
Fibres d'Annarana	0,63	» de noix	4,22
» de chanvre	0,65	» de noix de coco	3,85
» de coco	5,00	Balle de riz	5,74
» de Fourcroya	0,00	Moëlle de sureau	3,37
» de Guaxima	1,46	Liège	4,81
» de juste	2,70 ([a])	Réseau vasculaire de fruit de Loufa	4,35
» de pied de jute	1,85	Coton brut	0,00
» de lin de Vendée	0,48		

([a]) Cross et Bevan avaient dosé 4,6 pour 100.

([10]) Pour la description de l'appareil (avec figure), celle de la méthode et divers détails voir *Ann. Off. Comb. liq.*, **13**, II, 1938, p. 287, reproduit dans *Ann. agron.*, **8**, v, 1938, p. 633.

Nous avons aussi déterminé la teneur en méthoxyle des principaux constituants du tissu ligneux retirés de la paille d'avoine, afin d'avoir des termes de comparaison. Nous avons trouvé :

TABLEAU III.

	Xylane.	Lignol.	Vasculose.	Cellulose.
Pour 100 de substances sèches.......	0,96	16,42	7,75	0,00

Les résultats des tableaux I et II montrent d'abord que tous les tissus lignifiés, qu'il s'agisse de bois, de pailles, de coques de fruits etc., fournissent par chauffage avec l'acide iodhydrique concentré des proportions assez importantes d'iodure de méthyle.

Calculés en méthoxyle $-O.CH^3$, ces proportions varient de 2 à 6 pour 100 environ, suivant les tissus et suivant les espèces végétales.

Si l'on compare le bois de branche à celui de tronc d'une même espèce d'arbre, on constate que le premier est très généralement plus riche que le second. Cette constatation a été faite dans 14 cas sur 16 étudiés : le tilleul et l'érable champêtre seuls ont fait exception.

Comme la cellulose ne donne pas d'iodure de méthyle et que la xylane en produit très peu, tandis que la vasculose et surtout le lignol en fournissent de fortes proportions, ce doit être surtout à ces deux dernières matières incrustantes que les tissus lignifiés doivent leur richesse en groupes méthoxyles.

Il n'est pas interdit de croire, cependant, que la présence d'une certaine proportion de composés pectiques, dans lesquels existent des groupes d'esters méthyliques, intervient dans le dégagement de l'iodure alcoolique. Bien que l'on ne puisse encore l'affirmer en s'appuyant sur des expériences suffisantes, on est tenté de supposer que le bois des branches, plus jeune que le bois des troncs, est aussi moins profondément lignifié. Dans ce cas, on devrait s'attendre à ce qu'il y ait plus de composés pectiques dans les branches et les bois jeunes que dans les troncs et dans les bois âgés, et l'on pourrait même aller jusqu'à formuler l'hypothèse que la vasculose et le lignol sont des produits de transformation des composés pectiques. Il y a là des problèmes intéressants que pourront seules résoudre de nouvelles recherches.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les dérivées des fonctions qui répondent à un problème du type de Dirichlet.* Note de M. **Georges Giraud**.

Dans les problèmes du type de Dirichlet, relatifs aux équations linéaires du type elliptique, il est souvent utile d'être renseigné non seulement sur l'allure des fonctions qui remplissent les conditions du problème, mais aussi sur l'allure de leurs dérivées. Des propositions déjà publiées concernent des conditions de Lipschitz, d'exposants quelconques, remplies par ces dérivées [1]. Cette Note résume la marche qui conduit à d'autres résultats, relatifs à de plus générales conditions de continuité.

Désignons par Q_n une constante positive, quel que soit l'entier n. Nous disons qu'une fonction $a(X)$, dans un espace quelconque, remplit une condition de Dini, avec la fonction limitante ω_1, si l'on a, quels que soient X et Y,

$$|a(X)-a(Y)| < Q_1\omega_1[L(X, Y)] \qquad (L = \text{distance});$$

la fonction ω_1 doit être croissante et telle que $\omega_1(t)/t$ soit sommable dans tout intervalle. Nous supposerons que, ρ étant la plus grande corde de la région où l'on étudie a, et ν et $\varkappa$ étant des constantes telles qu'on ait $0<\nu<1<\varkappa$, la fonction $\omega_1(t)\log^{\nu}(2\rho/t)$ est croissante, et la fonction $\omega_1(t)\log^{\varkappa}(2\rho/t)$ est décroissante; ces conditions ne diminuent pas la généralité de la famille des fonctions a. Nous poserons $\omega_1(t)=\omega_0(t)\log(2\rho/t)$.

Dans le cas des conditions de Lipschitz, une propriété de symétrie était introduite dans la question pour étudier l'allure des dérivées [1] [2]. Le procédé employé dans ce cas pour introduire cette symétrie échoue quand on considère certains problèmes plus généraux, auxquels il a été indiqué que la méthode de Fredholm est applicable [3]. Mais un autre procédé réussit à introduire cette symétrie même pour ces derniers problèmes.

Ce procédé repose sur la considération de la fonctionnelle

$$\operatorname{moy}(F, X, r, R; \lambda, q) = \frac{\Gamma\left(\frac{m}{2}\right)\lambda^{q}}{2\pi^{\frac{m}{2}}\Gamma(q)}\log^{-\lambda}\frac{R}{r}\int_{r<L(X,A)<R}^{(m)}\frac{F(A)}{L^{m}(X, A)}\log^{\lambda-1}\frac{L(X, A)}{r}\log^{q-1}\frac{\log\frac{R}{r}}{\log\frac{L(X, A)}{r}}\,dV_A$$

$$(r>0,\ \lambda>0,\ q>0),$$

---

[1] *Bull. Société math.*, **61**, 1933, p. 1-54 (spécialement Chap. IV).

[2] *Ann. Société polonaise de Math.*, **12**, 1933, p. 35-54.

[3] *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1233-1235 (les notations de cette Note sont maintenues ici); *ibid.*, **201**, 1935, p. 925-928; **206**, 1938, p. 1157-1160.

qui est une moyenne de la fonction F, car, lorsque cette fonction est constante, la fonctionnelle lui est égale [cette moyenne diffère de celle qui était introduite précédemment ([3])]. Cette moyenne a notamment la propriété suivante : la fonction croissante $h(t)$ étant telle que $h(t)\log^{\alpha}(2\rho/t)$ soit décroissant, nous supposons qu'on a

$$|F(X)-F(Y)| < h[L(X, Y)],$$

quels que soient X et Y; alors si μ est une constante positive <1, et si λ et q sont >1, fonction $\operatorname{moy}(F, X, z, \rho^{1-\mu}z^{\mu}; \lambda, q)$ admet par rapport aux coordonnées de X et à la variable z des dérivées dont la valeur absolue est $< Q_2 h(z)\log^{-1}(2\rho/z)z^{-1}$ quand z est assez petit.

Alors, si $x_m = F(x_1, \ldots, x_{m-1})$ est un morceau de variété à $m-1$ dimensions, tel que les dérivées de F existent et remplissent une condition de Dini avec la fonction limitante ω_1, l'équation

$$x_m = \operatorname{moy}(F, X, y_m, y_m^{\mu}; \lambda, q) + y_m,$$

où la moyenne est étendue à $m-1$ dimensions, définit, dans un certain voisinage de notre variété dans la région $x_m > F$, une fonction $y_m(x_1, \ldots, x_m)$, nulle sur la variété, et dont les dérivées existent et remplissent une condition de Dini avec la fonction limitante ω_1, et dont les dérivées secondes existent pour $x_m > F$ et ont des valeurs absolues $< Q_3\omega_0(y_m)/y_m$. Si donc l'équation du type elliptique

$$(1)\qquad \sum_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta}\frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha\,\partial x_\beta} + \sum_\alpha b_\alpha \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + cu = f \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, m;\ a_{\alpha,\beta} = a_{\beta,\alpha}),$$

prise au besoin dans le sens généralisé, remplit les conditions générales indiquées antérieurement ([3]), l'équation relative aux variables $x_1, \ldots, x_{m-1}$ et y_m remplit ces mêmes conditions dans la région où la fonction y_m jouit des propriétés énoncées, à condition de regarder la variété $y_m = 0$ comme faisant partie de la variété $\mathcal{M}_1$ où certaines fonctions données peuvent être discontinues. En posant, en outre, pour $\alpha < m$, $x_\alpha = y_\alpha + y_m g_\alpha(X)$, on peut déterminer les g_α de telle sorte que, le résultat précédent étant maintenu, les fonctions qui remplacent les $a_{m,\alpha}$ dans le système des variables $y_1, \ldots, y_m$, soient nulles pour $\alpha < m$ sur la variété $y_m = 0$. C'est suffisant pour l'introduction de la symétrie annoncée.

Supposons que, avant tout changement de variables, les fonctions données b_α, c et f ne soient discontinues qu'aux points de $\mathcal{M}_1$, et que leurs valeurs absolues soient $< Q_4\omega_0(r_1)/r_1$, où $r_1(X)$ est la distance entre X et $\mathcal{M}_1$. Supposons encore que ω_1 soit la fonction limitante qui intervient

dans les conditions de Dini remplies par les $a_{\alpha,\beta}$ et par les dérivées des coordonnées des points de la frontière $\mathcal{S}$ du domaine $\mathcal{D}$ auquel se rapporte le problème de Dirichlet, et *supposons que les dérivées de la fonction donnée sur $\mathcal{S}$ existent et remplissent des conditions de Dini avec la fonction limitante* ω_1. *Alors la dérivée* $u_\alpha(X)$ *de* $u(X)$ *par rapport à* x_α *remplit la condition*

$$|u_\alpha(X) - u_\alpha(Y)| < Q_5\,\omega_1[L(X, Y)] \log \frac{2\rho}{L(X, Y)};$$

ce résultat a lieu quelles que soient les fonctions limitantes qui interviennent dans les conditions de Dini remplies par les dérivées des coordonnées des points de $\mathfrak{M}_1$.

En somme, la symétrie introduite permet d'employer pour notre problème la fonction de Green d'un problème du type de M. Picard, relatif à toute une variété close ([4]), et cela simplifie dans divers cas l'étude de l'allure des dérivées premières et même d'ordre supérieur.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Deux cas curieux de reviviscences végétales.* Note de M. **Lucien Daniel**.

J'ai observé deux cas curieux de reviviscence, l'un chez le Haricot; l'autre chez le Poireau.

I. On sait que les expériences de Doyère et de Gaston Bonnier ([1]), puis celles plus récentes de Paul Becquerel ([2]), ont montré que de jeunes plantules soumises, après leur germination normale, à divers procédés de dessiccation, peuvent quelquefois reprendre leur vie active après être restées un temps plus ou moins long à l'état d'anhydrobiose.

Au cours de mes recherches sur les maturations brusquées puis retardées, chez mes races nouvelles de Haricots ([3]), qui se produisirent en 1937 sous l'action d'à-coups de végétation brusques et intenses au cours de l'été très chaud et orageux, je constatai, lors de la récolte des graines en septembre, que certaines gousses renfermaient une ou deux graines dont les cotylédons, en germant, avaient fait éc a ter les téguments. Cette germination anormale

---

([4]) E. Picard, *Annales scient. Ecole Norm. sup.*, **26**, 1909, p. 9-17.

([1]) *Revue générale de Botanique*, **4**, 1892, p. 193.

([2]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2158.

([3]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 209.

n'avait pas été précédée, comme à l'ordinaire, par celle de la racine restée entièrement au repos; elle s'était arrêtée lors de la maturation.

J'ai recherché si ces graines ayant subi ainsi à maturité un arrêt avec passage à l'état d'anhydrobiose, comme dans les expériences de Doyère, G. Bonnier et Becquerel, avaient conservé en partie ou en totalité leur pouvoir germinatif et pouvaient devenir elles-mêmes réviviscentes. J'ai semé, le 25 mai 1938, quinze de ces graines, choisies parmi celles qui me paraissaient les mieux conservées. Sept ne germèrent pas et pourrirent; chez quatre autres la germination reprit normalement; la radicule sortit la première puis s'enfonça dans le sol; leurs cotylédons sortirent à leur tour. Mais la gemmule était desséchée; la germination était aveugle, comme cela arrive même quand on sème des graines non éclatées; elles périrent ensuite. Enfin quatre autres graines germèrent comme les quatre précédentes, mais les gemmules avaient conservé leur vitalité; elles fournirent des pieds qui furent un peu moins développés et moins productifs que les normaux et dont deux présentèrent quelques feuilles monstrueuses. Donc les germinations, anormalement passées à l'état d'anhydrobiose, se comportent à la façon de celles qui y ont été amenées expérimentalement, c'est-à-dire que quelques-unes d'entre elles peuvent devenir réviviscentes.

II. Chez mes poireaux devenus expérimentalement bulbifères et prolifères [4], j'ai, en 1937 et en 1938, eu l'occasion de constater une fois de plus l'hérédité acquise de ces caractères, ainsi que la transformation de diverses graines en bulbilles. Cette transformation est une preuve très nette de l'équivalence de la graine et du bourgeon qu'a indiquée Darwin.

Cette année, par suite de la sécheresse du printemps et du début de l'été, j'ai constaté que de nombreux pédoncules de Poireau, portant des ombelles bulbifères, avaient été piqués en divers points par des insectes pour y déposer leurs œufs. A la suite de l'attaque des larves, le pédoncule s'était desséché progressivement sur une étendue plus ou moins longue. Les ombelles qui portaient à la fois des akènes en voie de développement et des bulbilles, se penchèrent vers le sol, se fanèrent à tel point que, les considérant comme perdues, je coupai leurs pédoncules à 5-10^{cm} du plateau. Avec des ciseaux, je supprimai complètement les pédicelles floraux, puis je plantai dans des pots remplis de terre le plateau garni des seules bulbilles, dont les jeunes feuilles cylindriques étaient desséchées. A ma grande surprise, quand vinrent des pluies orageuses abondantes en septembre, je

---

[4] *Revue bretonne de Botanique*, 29, 1936-1937, p. 57.

constatai que les bulbilles, en touffes, avaient donné de jeunes poireaux poussant comme en semis serrés, très vigoureux, et que le plateau avait disparu digéré par eux. C'est là un mode de production de jeunes poireaux qui peut avoir son importance pratique pour la culture de cette plante à contre-saison.

En 1937 et cette année encore, j'ai constaté sur un certain nombre de pieds, bulbifères ou non, l'apparition très tardive (en fin octobre et novembre) de bulbilles sur des plateaux d'ombelles ayant mûri leurs graines et dont tout l'appareil aérien était desséché complètement en apparence. En même temps que se formaient normalement des caïeux dans le sol, le plateau de l'inflorescence avait gardé en partie sa vitalité quand on pouvait le croire desséché comme tout l'appareil aérien annuel.

Cette vitalité s'apercevait à la loupe par un léger verdissement d'une faible partie du plateau floral sur laquelle on voyait apparaître progressivement de jeunes bulbilles chevelues. Quant l'ombelle desséchée se maintenait droite, les bulbilles se formaient à la partie supérieure du plateau floral. Si l'ombelle se renversait par le vent, les bulbilles se formaient à base du plateau floral, de façon à conserver à la tige de la jeune bulbille son géotropisme négatif normal. L'équivalence de la graine et du bourgeon chez le Poireau, la régénérescence de son plateau floral à l'état d'anhydrobiose et la formation de bulbilles qui en est la conséquence sont de nouvelles preuves qu'il suffit d'une minime partie de substance vivante, non différenciée sexuellement, et capable de repasser à l'état de méristème, pour donner un ou plusieurs bourgeons porteurs de *la matière fondamentale héréditaire*. L'hérédité, contrairement à l'hypothèse de Weismann, n'est donc pas exclusivement localisée dans le noyau de la cellule et sa chromatine. Une substance unique (qui peut manquer dans la cellule, et c'est le cas pour le noyau et la réduction chromatique) ne saurait d'ailleurs commander tout ce qui se passe chez l'être vivant; il ne faut pas l'oublier.

M. Louis de Broglie fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *La Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Historique de la Pêche Dunkerquoise à la Morue sur les côtes d'Islande, sur le Grand banc de Terre-Neuve et dans les mers du Nord*, par Henri du Rin. Tome II.

2° *Os Vales submarinos portugueses e o diastrofismo das Berlengas e da Estremadura* por Carlos Freire de Andrade.

M. **A. F. Holleman**, la **Faculté des Sciences de l'Université de Thessaloniki** adressent à l'Académie l'expression de leurs sentiments de condoléances à l'occasion du décès de M. *G. Urbain*.

M. le **Ministre de l'Agriculture** invite l'Académie à désigner un de ses Membres, qui occupera, dans le *Conseil de Perfectionnement de l'Institut national Agronomique*, la place vacante par le décès de M. *L. Mangin*.

M. **L. Cayeux** est désigné.

M. le **Ministre des Finances** invite l'Académie à désigner un de ses Membres, qui occupera, dans la *Commission de Contrôle de la circulation monétaire*, la place vacante par le décès de M. *G. Urbain*.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Courbes d'égal argument. Cellules d'univalence, inversion des fonctions entières* [1]. Note [2] de M. **Lucien Hibbert**, présentée par M. Paul Montel.

Points j. Branches d'accès et branches d'éloignement. Zones d'enclave. Cassures en j [3].

---

[1] *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 891.

[2] Séance du 14 novembre 1938.

[3] *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1121; Lucien Hibbert, *Thèse*, Chap. I, p. 9. Paris, 1938.

Sens de parcours positif ou négatif; positif à droite ou à gauche; négatif à droite ou à gauche. — Le sens positif sur V est le sens de R croissant; négatif, le sens de R décroissant. Le sens est positif à droite ou à gauche, suivant que, en j, on passe à la branche d'éloignement à droite ou à gauche pour l'observateur qui suit V : il en est de même du sens négatif, qui peut être à droite ou à gauche.

Soit un faisceau de courbes V ayant pour base un segment déterminé d'une branche R = const.: suivons-le dans le sens positif. Enlevons les zones d'enclave de sommet j; les faisceaux V restants ne sont pas encore compacts.

Cassures en A. — Une courbe $V = V_1$ peut arriver en A, en repartir, y retourner une infinité dénombrable de fois au plus. La branche $V = V_1$ présente alors des cassures en A.

Zones d'enclave en A. — Les branches fermées en A de $V = V_1$ délimitent les zones d'enclave de sommet A.

Retirons des faisceaux les branches de courbe V, qui présentent des cassures en A, les faisceaux se subdivisent cette fois en faisceaux tous compacts. Dans le sens positif, sur toutes les courbes V de l'un quelconque des faisceaux, on arrive en A, avec $R = \infty$. La démonstration est analogue à celle donnée pour les faisceaux compacts R.

Dans le sens négatif, les faisceaux compacts V aboutissent soit aux zéros de $f(z)$, soit en A avec $R = 0$.

Donc toute branche de courbe V est complète, et peut être suivie de $R = 0$ *à* $R = \infty$.

Pinceaux montants; pinceaux descendants ([4]). *Pinceaux mixtes.* — Sur une branche de $R = R_1$, prenons un segment $(0 - 2\pi)$ et construisons les branches de V déterminées par ce segment. Nous avons un pinceau mixte.

Cellules d'univalense ([5]). *Cellules montantes; cellules descendantes* ([6]). *Cellules mixtes.* — Les pinceaux mixtes donnent naissance aux cellules mixtes.

THÉORÈME I. — *Toute fonction $f(z)$ divise le plan complexe en une infinité dénombrable de Cellules d'univalence mixtes toutes complètes.*

C'est le cas pour la fonction : $W = (e^z - 1)/z$, considérée par

---

([4]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1122.

([5]) PAUL MONTEL, *Leçons sur les fonctions univalentes, etc.*, Chap. I, p. 10. Paris, 1933; F. MARTY, *Ann. de Toulouse*, 3e série, 23, 1931, p. 183-261.

([6]) LUCIEN HIBBERT, *Thèse*. Chap. I, p. 17-23, Paris, 1938.

M. Tversen [7], et trouvée par lui non divisible en cellules d'univalence limitées par des courbes V. La fonction n'est pas divisible en cellules montantes; mais elle l'est en cellules mixtes et en cellules descendantes.

Toute fonction $f(z)$ est aussi divisible en cellules descendantes toutes complètes.

Hypergroupe. — La division en cellules d'univalence entraîne la définition de l'hypergroupe d'automorphie.

THÉORÈME II. — *Toute fonction entière possède un hypergroupe de M. Marty* [8], *les cellules descendantes jouant le rôle des domaines fondamentaux vis-à-vis des opérations de l'hypergroupe.*

Inversion. — La division en cellules d'univalence descendantes ou mixtes permet l'inversion de la fonction $f(z)$ et la connaissance des points de ramification d'ordre fini ou infini de la fonction inverse.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques propriétés de la fonction gamma.* Note [1] de M. **Lubomir Tchakaloff**, présentée par M. Paul Montel.

Étant donnée une fonction $f(x)$ de la variable positive x, je dis qu'elle possède la *valeur limite* λ pour $x\to\infty$, lorsqu'il existe une suite croissante de nombres positifs $x_1, x_2, x_3, \ldots$, telle que $\lim x_n=\infty$ et $\lim f(x_n)=\lambda$. Nous nous proposons de déterminer toutes les valeurs limites de la fonction $f(x)=\Gamma(x+ai)/\Gamma(x)$, a désignant une constante réelle et différente de 0.

On voit d'abord facilement que le module de

$$f(x)=\frac{\Gamma(x+ai)}{\Gamma(x)}=\lim_{n\to\infty}\frac{x(x+1)\ldots(x+n)}{(x+ai)(x+1+ai)\ldots(x+n+ai)}(n+1)^{ai}$$

représente une fonction croissante de x qui tend pour $x\to\infty$ vers une limite $\leqq 1$. Je dis que cette limite est égale à 1. En effet, lorsque n parcourt la suite des nombres naturels, on a

$$(1)\qquad n^{-ai}\frac{\Gamma(n+ai)}{\Gamma(n)}=\frac{ai(ai+1)\ldots(ai+n-1)}{(n-1)!}n^{-ai}\Gamma(ai),$$

et le second membre tend pour $n\to\infty$ vers $\Gamma(ai)/\Gamma(ai)=1$. Il s'ensuit

---

[7] Tversen, *Thèse*, Helsingfors, 1913.

[8] *Ann. École Norm.*; 3e série, 53, II, 1937, p. 9.

[1] Séance du 14 novembre 1938.

que les valeurs limites de la fonction considérée $f(x)$ ne peuvent être que des nombres complexes de module 1.

Soit d'autre part λ un nombre complexe de module 1. Désignons par $1-\varepsilon_n$ le second membre de (1), de sorte que

$$f(n)=\frac{\Gamma(n+ai)}{\Gamma(n)}=(1-\varepsilon_n)\,n^{ai},$$

où ε_n tend vers zéro. On voit sans peine que les nombres n^{ai} $(n=1, 2, 3, \ldots)$ forment un ensemble partout dense sur la circonférence $|z|=1$ du plan complexe; il existe donc une suite croissante de nombres naturels n_1, n_2, n_3, ..., telle que $\lim\limits_{k\to\infty} f(n_k)=\lambda$. Nous avons ainsi démontré la proposition suivante :

Théorème I. — *L'ensemble des valeurs limites pour $x\to\infty$ de la fonction $\Gamma(x+ai)/\Gamma(x)$ coïncide avec l'ensemble des nombres complexes de module* 1.

Considérons la fonction réelle

$$g(x)=\frac{1}{2\Gamma(x)}\{e^{\alpha i}\Gamma(x+ai)+e^{-\alpha i}\Gamma(x-ai)\},$$

où $a>0$ et α désignent des constantes réelles. D'après le théorème I, on peut faire tendre x vers l'infini de manière que $\Gamma(x+ai)/\Gamma(x)$ tende vers la limite $e^{\beta i}$, β étant une constante réelle arbitrairement choisie; la fonction $g(x)$ tendra donc vers $\cos(\alpha+\beta)$ et nous pouvons affirmer que tout nombre de l'intervalle fermé $[-1, +1]$ est une valeur limite de $g(x)$ pour $x\to\infty$. D'ailleurs la fonction $g(x)$ ne pourrait avoir d'autre valeur limite à cause de l'inégalité presque évidente $|g(x)|<1$ pour $x>0$. Soit b un nombre quelconque compris entre -1 et $+1$. Chacune des inégalités $g(x)>b$ et $g(x)<b$ étant vérifiée pour une infinité de valeurs positives de x tendant vers l'infini, il est évident que la fonction continue $g(x)$ prend toute valeur comprise entre -1 et $+1$ une infinité de fois. D'une façon plus précise, l'équation en x $g(x)=b$, où $-1<b<1$, a un nombre infini de racines positives a_1, a_2, ..., où $\lim a_n=\infty$; au contraire, elle n'a pas de racine positive pour $b\leq -1$ ou $b\geq +1$. En désignant par $F_1(x)$ et $F_2(x)$ les fonctions méromorphes

$$F_1(x)=\frac{1}{2}\{\Gamma(x+ai)+\Gamma(x-ai)\},\quad F_2(x)=\frac{1}{2i}\{\Gamma(x+ai)-\Gamma(x-ai)\}$$

et par A, B, C trois constantes réelles, telles que $A^2+B^2>0$, on peut énoncer ce résultat sous la forme suivante :

Théorème II. — *L'équation*

$$AF_1(x) + BF_2(x) = C\Gamma(x)$$

a un nombre infini de racines positives si $A^2 + B^2 > C^2$; *au contraire, elle n'a aucune racine positive si* $A^2 + B^2 \leq C^2$.

Dans le cas spécial où $C = 0$, on peut démontrer par une autre méthode que *toutes* les racines de cette équation sont réelles et simples.

MÉCANIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'interprétation statistique de la recombinaison des noyaux atomiques.* Note de M. **Louis Goldstein**, présentée par M. Louis de Broglie.

La description des phénomènes de la classe des collisions dispersives entre noyaux atomiques fait intervenir une grandeur élémentaire fondamentale, la probabilité de recombinaison ou la probabilité de collage. Cette grandeur exprime la probabilité de la formation d'un noyau nouveau à partir du noyau cible et le noyau projectile, ce dernier étant supposé suffisamment rapproché du premier pour que les forces responsables de la liaison puissent se manifester avec toute leur intensité. Cependant l'état actuel des connaissances sur les forces entre les constituants des noyaux atomiques et sur la meilleure méthode permettant une description convenable des noyaux assez lourds paraît exclure un traitement rigoureux des phénomènes de collision et, par conséquent, la possibilité d'une analyse de la probabilité de recombinaison. On peut néanmoins obtenir indirectement une représentation relativement précise de cette grandeur élémentaire.

L'étude des phénomènes de collision dispersive, à l'aide des méthodes de thermodynamique statistique, avait conduit à décrire la seconde étape de la collision, se rapportant à l'émission d'une particule lourde, comme un phénomène d'évaporation. La première étape, celle de l'activation, se présente dans cette méthode comme une transition du système, formé initialement par les deux partenaires de choc, depuis un état d'équilibre instable vers un état stable du point de vue thermodynamique [1]. La vie moyenne de l'état instable est fournie par la théorie des phénomènes de transport cinétique. Ces phénomènes, dus aux propriétés de viscosité et de conductibilité calorifique du noyau, veillent à ce que l'état d'équilibre

---

[1] Cf. *J. Physique*, 7ᵉ série, 9, 1938, p. 262; *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1880. et *J. Physique*, 1938 (sous presse).

stable, du point de vue thermodynamique, s'établisse, au bout d'un certain temps, dans le système. Ce temps serait donné approximativement par l'une des deux relations suivantes, adoptant une description approchée des noyaux par le modèle du gaz de protons et de neutrons,

$$\tau_{\text{vis}} = \chi P^{-1}, \qquad \tau_{\text{cal}} = (2R)^2 (\gamma \rho^{-1} C_v^{-1})^{-1}, \tag{1}$$

où τ_{vis} est la vie moyenne de l'état d'équilibre instable provenant de l'existence d'un coefficient de viscosité χ fini du système, P étant la pression de l'état d'équilibre stable et τ_{cal} est la vie moyenne de l'état instable, la vie de cet état étant maintenant limitée par l'existence d'un coefficient de conductibilité calorifique γ; R désigne le rayon du noyau supposé sphérique, ρ est sa densité et C_v sa chaleur spécifique à volume constant. Il semble raisonnable de dire, dans la présente interprétation des collisions nucléaires, que τ_{vis} et τ_{cal} correspondent aux temps au bout desquels la pression et la température du noyau peuvent être considérées comme étant égales approximativement à celles associées à l'état d'équilibre stable du point de vue thermodynamique, cet état étant déterminé par l'énergie d'activation, connue à l'avance, disponible dans la collision. Rappelons qu'à partir d'un état d'énergie d'activation où le modèle de gaz paraît devoir représenter grossièrement le noyau, on a [1]

$$\chi \sim \frac{3}{8\pi} p_0 A^{\frac{1}{3}} r_0^{-2}, \tag{2}$$

où p_0 est l'impulsion maximum des particules lourdes nucléaires dans l'état fondamental et r_0 est une longueur définie par la relation semi-empirique égalant le rayon nucléaire R à $r_0 A^{1/3}$, exprimant la proportionnalité approchée du volume du noyau au nombre A des particules lourdes qui le composent. La relation importante classique, applicable approximativement au présent modèle de gaz intranucléaire

$$\gamma \sim \chi C_v, \tag{3}$$

définit le coefficient de conductibilité calorifique valable dans le même intervalle d'énergie que (2). Comme la statistique à laquelle obéissent les protons et les neutrons est conforme au principe d'exclusion, on doit s'attendre à ce que les coefficients de transport χ et γ, associés à ce gaz de particules lourdes hautement dégénéré, diminuent lorsque la température du noyau, ou son énergie d'activation, augmente. Cependant dans un intervalle d'énergie assez large cette variation ne paraît pas être très

importante. Il en sera de même d'après (1) pour les vies moyennes ou encore pour les inverses des vies moyennes ω_{vis} et ω_{cal}, qui peuvent être considérées comme les probabilités de transition, par unité de temps, associées au passage du noyau formé, lors de l'interpénétration des noyaux cible et projectile, correspondant à un état d'équilibre instable vers l'état d'équilibre stable du point de vue thermodynamique. L'étape finale d'évaporation se développe ensuite à partir de cet état d'équilibre stable mais activé, réalisant le noyau intermédiaire formé par recombinaison des noyaux cible et projectile. Maintenant, la section de choc σ associée à des collisions conduisant à la recombinaison indiquée, pour des énergies où les considérations statistiques précédentes paraissent s'appliquer, serait égale au produit de la section de l'obstacle πR^2 par la probabilité de recombinaison η. Comme la probabilité de transition, par unité de temps ω relative au processus décrit par η est égale à $j\sigma$, où j est le courant des particules incidentes, on trouve, égalant $(j\sigma)$ ou $(\pi R^2 j \eta)$ à ω_{vis} ou ω_{cal}, ou éventuellement à une combinaison linéaire de ces grandeurs,

$$\eta = (\pi R^2 j \tau)^{-1}, \tag{4}$$

τ étant ici l'inverse de ω_{vis} ou de ω_{cal} ou de leur combinaison. C'est l'expression explicite approchée cherchée de la probabilité de recombinaison des noyaux atomiques. Elle est déterminée principalement par τ, vie moyenne déduite de la théorie statistique de l'étape d'activation des collisions nucléaires dispersives. Une discussion de (4) montre que dans un intervalle d'énergie assez large, débutant à l'énergie indiquée plus haut, η varie relativement peu avec l'énergie du noyau projectile et reste de l'ordre de l'unité dans cet intervalle. Ces prévisions semblent être conformes aux données expérimentales se rapportant principalement aux transmutations nucléaires dues à des collisions de neutrons rapides.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Recherche du cyanogène dans les étoiles de types peu avancés*. Note de Mlle **Nina Morguleff**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les bandes du cyanogène dans les spectres stellaires sont observées en deux régions spectrales différentes. Les bandes correspondant au passage électronique $^2\Sigma - {}^2\Sigma$ sont situées entre 3590 Å et 4610 Å ; la plus intense

est celle de 3883 Å. Les autres, dues à la transition $^2\Sigma - ^2\Pi$, tombent dans le rouge; elles sont peu connues.

En étudiant les bandes correspondant à $^2\Sigma - ^2\Sigma$ et notamment les deux séquences dont les premières têtes sont respectivement à 4216 Å et 3883 Å, divers auteurs [1] ont déduit la limite supérieure du type spectral pour lequel les bandes du CN apparaissent : les résultats sont assez divergents.

Nous avons essayé de reprendre cette question en étudiant cette fois les bandes ultraviolettes, dont la première tête se trouve à 3590 Å. En choisissant cette région, on a l'avantage d'être assez loin des dernières raies de la série de Balmer, dont les ailes se superposent aux bandes 3883 Å dans les premiers types spectraux. Dans ce but nous avons examiné une série de spectres d'étoiles entre K O et A O [2]. Sur les enregistrements qui en ont été faits par le microphotomètre nous avons pu constater l'existence d'un maximum à la position même de la première tête de la séquence de CN, c'est-à-dire à 3590 Å. Et cela non seulement pour les types avancés (K 5-F 8) pour lesquels Swings et Struve [3] avaient reconnu l'existence de CN, mais jusqu'aux premières subdivisions du type A.

Cette région spectrale contient de nombreuses raies du fer et il est très probable que le maximum 3590 est dû à la superposition de raies du CN aux raies 3589 et 3587 du fer [4] : on pouvait donc craindre que, pour les premiers types, le maximum subsistant ne soit dû au fer seul. On peut répondre à cette objection de la façon suivante : nous avons choisi dans tous les spectres considérés deux raies du fer (3631 et 3619 Å) données, dans les tables [5], comme plus intenses que l'ensemble des deux raies 3587 et 3589, et, dans tous les cas, nous avons constaté que, dans les spectres stellaires considérés, l'intensité de 3590 surpasse celle des deux raies 3631 et 3619. Le maximum observé à 3590 Å ne peut donc pas être attribué au fer seul.

---

(1) Swings, *Les bandes moléculaires dans les spectres stellaires*, Paris, 1932; H. Shapley, *Harvard Obs. Bull.*, 805, 1924; A. V. Douglas, *Monthly Notice*, 90, 1930, p. 798.

(2) Ces spectres sont ceux qui ont servi aux recherches de spectrophotométrie stellaire d'Arnulf, Barbier, Chalonge et Safir (*Annales d'Astrophysique*, 1, 1938, p. 293).

(3) *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 142.

(4) Dans la région spectrale considérée la dispersion est d'environ 50 Å par millimètre.

(5) C. E. Moore, *A multiplet table astrophysical interest*. Princeton, 1933.

Nous avons observé, en outre, que, pour l'étoile naine α CMin (dF5), le maximum 3590 est plus fort que pour la supergéante α Pers (cF5), résultat qui prolonge celui de Lindblad [6].

GÉODÉSIE. — *Sur la formule de Stokes dans la théorie de la gravité.* Note [1] de MM. **Godofredo Garcia** et **Alfred Rosenblatt**.

1. Dans une Note de même titre [2] nous avons donné les équations intégro-différentielles qui, dans le cas de la sphère comme surface initiale, donnent les fonctions $\mathcal{N}_1$ et $\mathcal{U}_1$. Ces fonctions sont les premiers termes des développements du potentiel de simple couche et de l'écart des deux surfaces voisines d'équilibre. Ce sont les équations (15) et (16) de cette Note. On a en outre l'équation de la constance des masses

$$(1)\qquad 0=\int_{\Sigma}\{f(\Theta, w)+\omega^2 a(\sin\Theta\cos\Theta\,\mathcal{U}_{1\Theta}-\sin^2\Theta\,\mathcal{U}_1) \\ -2\mathcal{U}_1 g-2\omega^2 a\sin^2\Theta\,\mathcal{U}_1\}\sin\Theta\,d\Theta\,dw.$$

Si l'on néglige les termes avec $\omega^2\gamma$ et si l'on assujettit le centre de gravité du corps C_1 à se trouver sur l'axe des z, on parvient à la formule de Stokes

$$(2)\qquad \mathcal{N}=-a\gamma\,\mathcal{U}_1=-\frac{a^3}{8\pi f M}\int_{\Sigma}\Delta g'\,d\sigma'\left[\Phi(\theta')-\frac{1}{2}\right],$$

où l'on a

$$(3)\qquad \Phi(\theta')=\frac{1}{\sin\frac{\theta'}{2}}+1-6\sin\frac{\theta'}{2}-5\cos\theta'-3\cos\theta'\,l\left(\sin\frac{\theta'}{2}+\sin^2\frac{\theta'}{2}\right).$$

2. Si l'on conserve les termes avec ω^2 et si l'on pose

$$(4)\qquad f(\theta, w)=\sum_0^{\infty}\left\{D_n P_n+\sum_{r|1}^{n}(E_{rn}S_{rn}+G_{rn}T_{rn})\right\},$$

$$(5)\qquad \mathcal{U}_1=\sum_0^{\infty}\left\{B_n P_n+\sum_{r|1}^{n}(L_{rn}S_{rn}+M_{rn}T_{rn})\right\},$$

---

[6] *Astroph. Journal*, 55, 1932, p. 85.

[1] Séance du 19 septembre 1938.

[2] *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 423.

P_{r}, S_{r}, T_{r}, fonctions sphériques, on trouve les formules de récurrence

$$(6)\quad -B_{n+2}\,\omega^2 a^2 \frac{5(n+1)(n+2)(n+1)}{(2n+3)(2n+5)} - B_{n-2}\,\omega^2 a^2 \frac{5n(n-1)(n+1)}{(2n-1)(2n-3)} + B_n\left[2fM\frac{1-n}{a} + \omega^2 a^2 \frac{2(n^3+8n^2+5n-4)}{(2n-1)(2n+3)}\right] = 2aD_n \text{ [illegible]}$$

En posant

$$(7)\qquad B_n = \frac{D_n a^2}{fM(1-n)} + \omega^2 a^2 \mathcal{C}_n$$

et en négligeant les puissances > 1 de ω^2, on trouve les formules

$$(8)\quad 2\mathcal{C}_n\frac{fM}{a}(1-n) = \frac{a^2}{fM}\left\{-D_{n+2}\frac{5(n+1)(n+2)(n+1)}{(2n+3)(2n+5)(n+1)} - D_{n-2}\frac{5n(n-1)(n+1)}{(n-3)(2n-1)(2n-3)} + D_n\frac{2(n^3+8n^2+5n-4)}{(2n-1)(2n+3)(n-1)} \text{ [illegible]}\right\}$$

3. On trouve de même pour les $\mathcal{C}_{rn}$, $\mathfrak{M}_{rn}$ les formules approximatives

$$(9)\qquad \begin{cases} \mathcal{C}_{rn} = \dfrac{E_{rn}a^2}{fM(1-n)} + \omega^2 a^2 H_{rn}, \\[2mm] \mathfrak{M}_{rn} = \dfrac{F_{rn}a^2}{fM(1-n)} + \omega^2 a^2 M_{rn}, \end{cases}$$

où l'on a

$$(10)\quad 2H_{rn}\frac{fM}{a}(1-n) = \frac{a^2}{fM}\left\{-E_{r,n+2}\frac{5(n+1+r)(n+2+r)(n+1)}{(2n+3)(2n+5)(n+1)} - E_{r,n-2}\frac{5(n-1)(n-r)(n-r-1)}{(n-3)(2n-1)(2n-3)} + E_{rn}\frac{2(n^3+8n^2+5n-4)+5r^2(n-1)}{(2n-1)(2n+3)(n-1)}\right\},$$

et pour M_{rn} on a les mêmes formules avec $G_{r,n}$ au lieu de $E_{r,n}$.

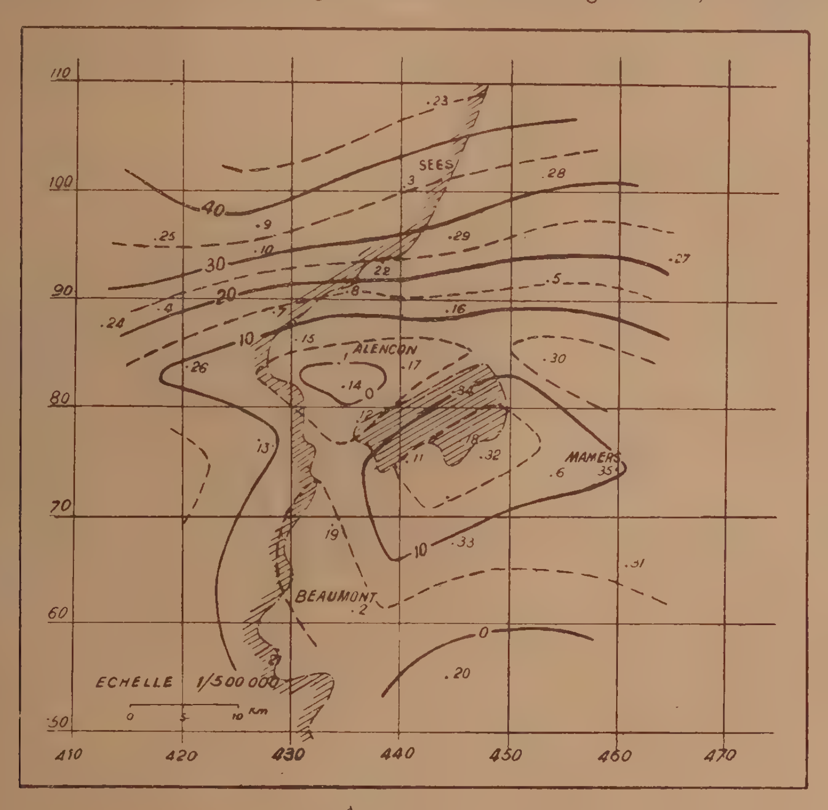
GÉODÉSIE. — *Sur les anomalies de pesanteur dans la région d'Alençon.* Note [1] de MM. **Marcel Schlumberger** et **Vladimir Baranov**, présentée par M. Georges Perrier.

En 1932 MM. Holweck et Lejay ont collaboré à la carte gravimétrique de France, entreprise sous la direction du Comité national français de

[1] Séance du 14 novembre 1938.

Géodésie et Géophysique. Les mesures de g ont été effectuées à l'aide du pendule élastique inversé, inventé et construit par ces auteurs. La moitié nord de la France a été couverte de 61 stations qui ont permis de tracer les isanomales (²).

« Les anomalies » écrivent les auteurs « ne sont en aucune région considérables; les gradients sont généralement faibles également, sauf au Nord



Aires hachurées représentant les terrains anciens

de Valenciennes, à la limite du bassin houiller, et dans la région d'Alençon où une zone d'anomalie négative semble particulièrement intéressante ».

La présente Note rend compte d'une étude gravimétrique plus détaillée exécutée dans les environs d'Alençon en vue de compléter les résultats

(²) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 46, et *J. des Observ.*, **17**, 1934, p. 109.

obtenus par MM. Holweck et Lejay. Les mesures ont été exécutées avec les gravimètres Thyssen [3], en 35 stations.

Sur la carte ci-dessus nous avons représenté l'anomalie en traçant les courbes d'égale valeur de $g-g_0$ (de 5 en 5 milligals), g étant la valeur de l'accélération au point considéré et g_0 sa valeur à Alençon.

L'accord avec les résultats obtenus par MM. Holweck et Lejay est très satisfaisant.

Les isogammes représentent au Nord d'Alençon un plan incliné assez régulier; c'est là que le gradient atteint sa valeur maximum. La plus faible distance entre les isogammes est de 1,6 km. au voisinage de la station n° 8, ce qui correspond à un gradient de 31 Eötvös. La pente moyenne est de 20 à 25 Eötvös. Dans la partie sud de la région étudiée les anomalies sont plus faibles. Enfin au Sud-Est d'Alençon on constate la présence d'une anomalie positive locale affectant la forme d'un dôme d'isogammes.

L'anomalie étudiée paraît avoir une grande ampleur et il est encore prématuré d'entreprendre une interprétation de ce phénomène. Néanmoins la comparaison des résultats obtenus avec la carte géologique permet déjà de risquer une tentative d'explication.

La région d'Alençon se trouve à la limite du Bassin de Paris et des terrains anciens du Massif Armoricain. Ces terrains sont probablement plus denses que les sédiments du Bassin de Paris. Il est très probable que l'anomalie est due à cette différence de densité. En effet le phénomène local, caractérisé par un dôme d'isogammes entre Alençon et Mamers, coïncide approximativement avec l'affleurement des phyllades de Saint-Lô et des terrains cambriens.

PHYSIQUE QUANTIQUE. — *Géométrie cinématique adaptée à la théorie des quanta.* Note de Mlle **Paulette Février**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. La mécanique ondulatoire a pour premier effet de remplacer la description classique des mouvements des corpuscules (schéma de la cinématique classique) par un nouveau schéma. Cependant il subsiste des

---

[3] A. Schleusener, *Zeitschr. f. Geoph.*, 10, VIII, 1934, p. 369-377. — Von Thyssen et A. Schleusener, *Beitr. z. angewandt. Geoph.*, 5, 1935, p. 178-181 et 303-315.

éléments de la cinématique classique : d'une part, des considérations géométriques, d'autre part, des énoncés purement cinétiques sur les quantités de mouvement. C'est l'association de ces deux sortes d'éléments à la manière classique qui est interdite en vertu des relations d'incertitude de Heisenberg. Nous avons défini ([1]) une logique permettant une description adéquate des relations d'incertitude; l'idée essentielle est la distinction des couples de propositions en couples composables et couples incomposables; les couples composables satisfont aux conditions habituelles du produit logique, tandis que le produit logique de deux propositions incomposables a toujours la valeur A (faux renforcé).

Adoptant cette logique au lieu de la logique classique pour édifier une géométrie cinématique, nous allons pouvoir conserver le maximum du langage cinématique permis par la mécanique ondulatoire. Nous ne donnerons pas ici l'axiomatique de cette géométrie, nous bornant à indiquer l'essentiel de la méthode; nous opérerons ainsi : à une géométrie donnée, par exemple à la géométrie euclidienne, nous adjoindrons un système de vecteurs dits cinétiques qui sera considéré comme distinct du système des vecteurs géométriques. Les quantités de mouvement des corpuscules seront figurées par des vecteurs cinétiques. Un couple de propositions constitué par un énoncé géométrique et un énoncé sur les vecteurs cinétiques ne satisfaisant pas aux relations d'incertitude sera un couple incomposable; par suite le produit logique des propositions d'un tel couple ne pourra être vrai et prendra la valeur logique A.

Par exemple la donnée d'un vecteur cinétique est incomposable avec tout énoncé géométrique sauf un énoncé sur la définition des plans orthogonaux à ce vecteur cinétique. La donnée d'un point est incomposable avec tout énoncé sur les vecteurs cinétiques. Ceci constitue les deux cas extrêmes; ainsi, un énoncé sur un vecteur cinétique assujetti à être dans un certain plan avec une composante fixée dans une direction, est composable avec un énoncé géométrique sur la droite perpendiculaire à cette direction et contenue dans le plan.

2. A tout vecteur cinétique (défini à une translation près) on peut associer le plan orthogonal (défini à une translation près). A tout énoncé sur les vecteurs géométriques on peut faire correspondre biunivoquement un énoncé sur les vecteurs cinétiques; de même à tout énoncé sur les points correspond un énoncé sur les plans associés aux vecteurs cinétiques qui

---

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 481 et 958.

sont liés par une corrélation. On a donc un principe de dualité entre éléments de couples incomposables, mais, du fait qu'ils sont incomposables, le mouvement du corpuscule ne peut être décrit en utilisant cette corrélation.

Le cas où la position, ou au contraire la quantité de mouvement d'un corpuscule, est fixée exactement est un cas limite; en général la position est fixée avec une certaine incertitude, par exemple la coordonnée x est déterminée à Δx près, p_x est aussi fixé à Δp près, les énoncés sur ces déterminations sont composables si $\Delta x \Delta p$ est supérieur à $h/4\pi$, incomposables dans le cas contraire. Tout énoncé sur une partie de la région d'incertitude de la position est incomposable avec tout énoncé sur une partie de la région d'incertitude de l'extrémité du vecteur quantité de mouvement, il y a une relation entre les deux domaines qui peuvent être échangés dans une dualité qui n'est pas une corrélation, faisant passer des éléments géométriques aux éléments cinétiques.

3. Si l'on veut faire intervenir les moments de rotation on doit, suivant cette méthode, considérer un troisième système de vecteurs distincts des vecteurs géométriques et cinétiques : le système des vecteurs moments cinétiques. Tout couple d'énoncés comprenant un énoncé sur les moments de rotation et un énoncé sur les vecteurs géométriques ou cinétiques est un couple composable s'il s'agit d'éléments mesurables simultanément, incomposable dans le cas contraire. Si un moment de rotation $\mathfrak{M}$ est défini entièrement, un énoncé sur ce moment est incomposable avec tout énoncé sur les vecteurs géométriques ou cinétiques, excepté un énoncé géométrique sur l'axe porté par $\mathfrak{M}$, ou un énoncé sur la composante de la quantité de mouvement suivant cet axe.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Remarques au sujet de la théorie de la relativité et de la représentation des phénomènes sur un espace à quatre dimensions.* Note [1] de M. **Jean Loiseau**, présentée par M. Louis de Broglie.

La théorie de la relativité conduit à représenter les mouvements des points par certaines courbes d'un espace-temps riemannien $\mathcal{E}_R$ à quatre dimen-

[1] Séance du 14 novembre 1938.

sions dont le ds^2 est donné [2] *a priori* dans le cas statique sous la forme

$$(1) \qquad ds^2 = -(\omega_1)^2 - (\omega_2)^2 - (\omega_3)^2 + A^2(q_1, q_2, q_3, t)\, dt^2,$$

les ω_i étant des formes différentielles linéaires de quatre variables indépendantes q_1, q_2, q_3, t; t est une variable *le temps* qui est universelle pour tous les points considérés.

Les conditions du problème envisagé déterminent dans l'espace-temps une famille de courbes C qui représentent les mouvements des points considérés.

Soit τ l'abscisse curviligne sur la courbe C qui passe au point $M(q_1, q_2, q_3, t)$; à chaque point M de l'espace-temps $\mathcal{E}_R$ est ainsi affectée une valeur bien déterminée de τ.

La quantité τ, appelée *temps propre*, dépend essentiellement du point considéré et correspond au temps physique. C'est la variable que l'on fait intervenir à la place du *temps* de la mécanique classique dans les équations de Lagrange de la théorie de la relativité.

Si l'on se donne des valeurs des variables q_1, q_2, q_3, τ, les conditions du problème déterminent une famille C, les nombres q_1, q_2, q_3 définissent une courbe C et τ un point sur cette courbe.

L'équation (1) s'écrit aussi

$$(2) \qquad ds^2 + (\omega_1)^2 + (\omega_2)^2 + (\omega_3)^2 = A^2\, dt^2.$$

Employons la variable indépendante $s = \tau$ au lieu de t, l'équation (2) prend la forme

$$(\varpi_1)^2 + (\varpi_2)^2 + (\varpi_3)^2 + V_4^2\, d\tau^2 = dS_4^2;$$

le premier membre est le ds^2 d'un certain espace $\mathcal{E}$ à quatre dimensions dans lequel les ϖ_i sont des formes différentielles linéaires des variables q_1, q_2, q_3, τ, et V_4 une fonction de ces variables.

Si $d\tau = 0$

$$(\varpi_1)^2 + (\varpi_2)^2 + (\varpi_3)^2 = dS_1,$$

c'est le ds^2 d'un espace $\mathcal{E}_t$ qui définit l'ensemble des points envisagés au temps τ. Si l'espace est rapporté à un repère euclidien tangent défini par les vecteurs unitaires $I_1 I_2 I_3 I_4$ rectangulaires, les vecteurs $I_1 I_2 I_3$ étant

---

(2) J. Haag, *Le problème de Schwartzschild*, Paris.

tangents à $\mathcal{E}_t$, la vitesse du point M est

$$\frac{d\overrightarrow{M}}{d\tau} = \frac{\varpi_1}{d\tau}\overrightarrow{I}_1 + \frac{\varpi_2}{d\tau}\overrightarrow{I}_2 + \frac{\varpi_3}{d\tau}\overrightarrow{I}_3 + V_t\overrightarrow{I}_4.$$

V_t est sa vitesse normalement à l'espace $\mathcal{E}_t$. Sous la forme (2) on reconnaît le ds^2 déjà considéré dans de précédentes Notes ([3]). L'accélération et le vecteur vitesse en chaque point sont dans l'hyperplan euclidien $E_4(I_1, I_2, I_3)$.

La représentation de l'espace physique sur l'espace $\mathcal{E}$ est évidemment plus générale que celle de l'espace-temps habituel, car rien n'empêche de supposer que cet espace n'est pas Riemannien.

Elle est aussi plus logique et plus simple que sur l'espace-temps, en particulier les points à l'instant τ forment un espace réel; l'égalité vectorielle $\overrightarrow{F} = m\overrightarrow{\Gamma}$, m étant la masse, qui résume les lois de la dynamique classique, est valable, à l'opposé de ce qui se passe sur l'espace-temps; le champ électromagnétique se représente sans que le principe de la conservation de l'énergie et celui de l'égalité de l'action et de la réaction ne soient contredits.

L'espace $\mathcal{E}$ ne peut être considéré comme euclidien que si, par un changement convenable de variables son ds^2 peut se mettre sous la forme $(dx_1)^2 + (dx_2)^2 + (dx_3)^2 + (dx_4)^2$, c'est-à-dire si les liaisons sont holonomes et réciproquement.

Pour aboutir à des représentations complètes d'éléments physiques il faut naturellement préciser l'espace $\mathcal{E}_t$. Si, par exemple, on considère des liaisons holonomes et si l'espace $\mathcal{E}_t$ est supposé permanent, $\mathcal{E}_t$ est en général une hypersurface minimum doublement de révolution autour de deux plans orthogonaux ([4]) dont la génératrice, qui dépend de deux paramètres, est doublement asymptote aux bissectrices de deux droites rectangulaires situées dans les plans de rotation, elle oscille et s'entrelace autour de ces asymptotes.

Les trajectoires situées sur cette hypersurface sont des lignes asymptotiques; si elles sont permanentes, ce sont des hypercirconférences quantifiées.

P. Painlevé a démontré ([5]) que les équations de Lagrange peuvent

---

([3]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1381 et 1980; 200, 1935, p. 1018.

([4]) *Bull. de la Soc. Math. de France*, 22, 1894, p. 136.

([5]) Ou exceptionnellement autour d'un axe.

donner les trajectoires indépendamment de la vitesse des points qui les parcourent; les trajectoires se partagent en trajectoires vraies et en trajectoires conjuguées; ces dernières seraient vraiment parcourues sous l'action des forces égales et opposées à celles qui ont été appliquées. On passe d'un système de trajectoires à l'autre en changeant t en it dans les équations de Lagrange. Dans le cas de la théorie de la relativité restreinte, si l'on change t et τ respectivement en it et $i\tau$, on obtient :

$$d\tau^2 = dq_1^2 + dq_2^2 + dq_3^2 + c^2\,dt^2; \tag{3}$$

les trajectoires vraies et les trajectoires conjuguées s'échangent lorsque l'on passe de l'espace $\mathcal{E}$ défini par (3) à l'espace-temps $\mathcal{E}_R$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les orbites stables d'un problème réduit de trois corps.* Note [1] de M. **Assène Datzeff**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons trois points matériels $A_i(i=1, 2, 3)$ de masse m_i, en mouvement dans un plan. A_1 possède la charge $-e$, et A_3+e. Soient G le centre de gravité du système $(A_1 A_2)$, α — l'angle $A_1 G A_3$, et posons $r_{ik}=A_i A_k$, $r=GA_3$. Supposons des conditions initiales telles que $A_1 A_2 \ll GA_3$. L'énergie potentielle du système est $U=\Sigma m_i m_k/r_{ik} - e^2/r_{13}$. A partir du triangle $A_1 A_3 G$ on peut calculer r_{13} en fonction de r, de $A_1 G$ et de α; de même pour r_{23}. De ces formules on peut tirer les valeurs de $1/r_{13}$ et de $1/r_{23}$ en développant en série par rapport à la grandeur très petite r_{12}/r, et en se limitant aux termes du premier ordre. Le calcul élémentaire donne pour U

$$U = \frac{m_1 m_2}{r_{12}} + \frac{m_3 m_{12} - e^2}{r} - e^2 \frac{m_2}{m_{12}} \frac{r_{12}}{r^2} \cos\alpha, \tag{1}$$

avec $m_{12}=m_1+m_2$. Le dernier terme, que l'on indiquera par S (terme perturbateur) est petit par rapport aux deux autres, puisqu'il contient le facteur r_{12}/r. Rapportons le corpuscule A_2 à un système de coordonnées rectangulaires d'origine A_1 et G à un système rectangulaire d'origine A_3, et d'axes parallèles aux axes précédents. On peut former facilement à l'aide de ces coordonnées l'équation de Hamilton-Jacobi. Si l'on néglige

[1] Séance du 14 novembre 1938.

en première approximation le terme S, cette équation se décompose en deux autres : la première donne le mouvement relatif du système (A_1A_2), et la seconde celui du système GA_3. On aura donc deux problèmes de deux corps.

Puisque S est petit, nous trouverons la deuxième approximation par la méthode des perturbations en Mécanique céleste ([2]). Dans le problème de deux corps, l'orbite est caractérisée par six constantes a_k. S'il y a une perturbation extérieure S, les a_i varient lentement avec le temps. Pour plus de simplicité nous supposerons que les deux coniques sont des cercles. Donc r et r_{12} sont des constantes. La formule qui donne la variation du grand demi-axe (le rayon) pour une période τ est, d'après [([2]), p. 115],

$$(2)\qquad \Delta\sqrt{m_3 m_{12}}\sqrt{r} = -\int_0^{\tau} \frac{\partial S}{\partial w}\,dt,$$

où $w = (2\pi/\tau)(t - t_0)$. Soient θ_1 et θ les angles que font les rayons vecteurs A_1A_2 et GA_3 avec une direction fixe. On aura $\alpha_1 = \theta_1 - \theta$. Puisque l'excentricité des orbites est supposée nulle,

$$\theta = w \qquad \text{et} \qquad \theta_1 = \left(\frac{2\pi}{\tau_1}\right)(t - t_1)$$

et l'on aura

$$(3)\qquad \alpha = 2\pi\left(\frac{1}{\tau_1} - \frac{1}{\tau}\right)t + \text{const.}$$

On voit que si le rapport τ/τ_1 est un entier, la variation $\Delta\sqrt{r}$ est nulle pendant une période τ, et l'orbite sera stable. On peut préciser davantage cette condition. Puisque les mouvements sont supposés circulaires, on peut écrire

$$(4)\qquad \tau_1 = \frac{2\pi r_{12}}{v_1} = \frac{2\pi m_{12} v_1 r_{12}}{m_{12} v_1^2} = \frac{\pi p_1}{T_1},$$

où les constantes v_1, p_1, T_1 indiquent, dans le mouvement relatif du système (A_1A_2) : v_1 vitesse linéaire, p_1 somme des moments de la quantité de mouvement de m_1 et de m_2 par rapport au centre, et T_1 l'énergie cinétique. On aura d'une façon analogue $\tau = \pi p/T$.

Pour que α croisse de 2π pendant une période τ, il faut avoir les relations (puisque p et T sont des constantes indépendantes)

$$(5)\qquad p = np_1, \quad T = \frac{1}{l^k}T_1 \qquad (n,\, l,\, k = 1, 2, \ldots).$$

([2]) Ph. Franck, *Handb. Phys. Techn. Mechanik*, II, 1930, p. 99-132.

Donc $\tau = \pi p/T = nl^k \tau_1$. On sait que la première condition (5) impose à l'énergie totale $E = -T$ du système $(A_3 G)$ d'être de la forme $E = \text{const}/n^2$, comme le donnent les calculs pour l'atome de Bohr. Mais cette dernière condition est compatible avec la deuxième relation (5) pour $l = n$ et $k = 2$.

Puisque le système $(A_1 A_2)$ est traité comme un corpuscule qui possède une période propre τ_1, et dont le centre de gravité se déplace avec une vitesse v, on peut lui attribuer, d'après la théorie élémentaire des ondes, une onde de longueur d'onde $\lambda = v\tau_1$. Mais d'après le résultat précédent, $\tau = 2\pi n p_1/m_{12} v^2 = \pi n^3 \tau_1$, donc $\tau_1 = 2p_1/m_{12} v^2 n^2$. Par conséquent $\lambda = v\tau_1 = 2p_1/n^2 m_{12} v$. On trouve immédiatement $2\pi\tau/\lambda = \pi n^3$, qui se transforme facilement en la relation $p = np_1$, déjà trouvée.

Les résultats précédents suggèrent l'hypothèse que l'électron n'est pas un corpuscule simple, mais un système de corpuscules. Faisons l'hypothèse la plus simple, en considérant l'électron comme composé de deux corpuscules $A_1(m_1, -e)$ et $A_2(m_2)$, et le proton comme corpuscule $A_3(m_3, +e)$. Le système ainsi formé, d'après les calculs précédents, reproduit l'atome de Bohr pour l'hydrogène, la constante de Planck étant remplacée par $2\pi p_1$. Le résultat sera le même en première approximation, si le proton est aussi un système, à cause de la masse très grande du proton. La longueur d'onde, définie plus haut, ne diffère de la longueur d'onde de de Broglie que par le facteur $1/\pi n^2$. Pour un atome à plusieurs électrons on retrouve de même l'atome de Bohr.

ACOUSTIQUE. — *Sur la mesure du temps de réverbération acoustique.* Note de M. **Pierre Chavasse**, présentée par M. Camille Gutton.

La théorie de la mesure de réverbération repose essentiellement sur la formule approximative de Sabine pour la représentation de la décroissance du son $i_a = I_a e^{-14(t/T)}$.

Dans cette formule, qui suppose une diffusion et un brassage complet et régulier des ondes sonores, i_a est l'intensité acoustique à l'instant t, et T est le temps de réverbération, c'est-à-dire le temps que met l'intensité du son à décroître jusqu'au millionième de sa valeur I_a. Si l'on fait intervenir la pression p sur le diaphragme d'un microphone placé dans le champ acoustique, ou l'intensité électrique i_e à la sortie de ce système microphonique, on a les formules correspondantes en remplaçant dans l'expression précédente 14 par 7.

De nombreuses méthodes ont été proposées et appliquées pour mesurer T.

Nous étudierons simplement les dispositifs suivants qui ne paraissent pas avoir été signalés jusqu'ici et supposent l'emploi d'un microphone et d'un amplificateur associé à un système de mesure différentiel.

A. *Cas d'un amplificateur linéaire.* — Par la différenciation de l'équation du courant i_e on a, à l'instant initial $t = 0$,

$$\left(\frac{di_e}{dt}\right)_{t=0} = 7\frac{I_e}{T}\left(e^{-7\frac{t}{T}}\right)_{t=0} = 7\frac{I_e}{T} = \operatorname{tang}\varphi.$$

Sous cette forme apparaît le fait que la valeur absolue du coefficient angulaire tang φ de la tangente à l'origine de la courbe représentée par cette équation est égale au produit de l'intensité initiale par 7 fois l'inverse du temps de réverbération T. Pour le mesurer, il suffit de placer à la sortie de l'amplificateur microphonique une diode dont le courant-plaque attaque le primaire d'un transformateur et de fermer le secondaire de ce dernier sur un voltmètre de crête. La surtension à l'instant initial est égale à

$$e = \alpha\left(\frac{di_e}{dt}\right)_{t=0} = 7\alpha\frac{I_e}{T}.$$

Elle est enregistrée par un voltmètre de crête et peut être lue, dès que les oscillations de l'aiguille de l'appareil indicateur sont arrêtées. La sensibilité se règle de diverses manières et, notamment, en agissant sur le rapport de transformation du transformateur.

Remarques. — *a*. Comme cela a déjà été dit, la méthode suppose que la loi de décroissance est effectivement exponentielle, du moins avec une approximation suffisante.

b. Il faut que le son soit convenablement diffusé dans la salle, sans écho appréciable et sans ondes stationnaires. Pour éviter ces dernières, il est préférable de recourir à des sons à bande continue (bruit de lampe, par exemple), dont on extrait la bande voulue au moyen d'un filtre à bande étroite incorporé à l'amplificateur.

c. La sensibilité est d'autant plus grande que le temps de réverbération est plus petit. L'expérience a montré que pour des temps de 0,05 à 10 secondes sans écho distinct, le résultat des mesures était très satisfaisant.

B. *Cas d'une amplification logarithmique.* — Une modification importante de la méthode précédente permet de généraliser la mesure et de l'étendre à toute la période de la décroissance du son, en agissant sur la forme du courant i_e, ce qui évite l'action prépondérante de la variation de

l'intensité à l'instant où l'on coupe la source sonore. Elle consiste à substituer à l'amplificateur linéaire A un amplificateur logarithmique B couvrant un intervalle de 60 décibels. Le courant i'_e à la sortie de B a alors pour expression

$$i'_e = \mu \operatorname{Log} i_e = \mu \operatorname{Log} I_e - 7 \mu t T^{-1},$$

dans laquelle μ est une constante de l'appareil. La courbe représentative est donc une ligne droite L, inclinée sur l'axe des temps d'un angle ψ, tel que $\operatorname{tang} \psi = 7 \mu T^{-1}$. La surtension e' est ici encore proportionnelle à di'_e/dt,

$$e' = h \frac{di'_e}{dt} = -7 \mu h T^{-1} = \frac{\beta}{T}.$$

Elle est donc indépendante du moment où l'on exécute la mesure et de la valeur de l'intensité initiale.

C. *Emploi de l'appareil à amplificateur logarithmique et d'un fluxmètre.* — Une variante des méthodes précédentes consiste à substituer au milliampèremètre de sortie un fluxmètre, qui n'est mis en circuit que pendant un temps connu τ : ce temps τ ne représente qu'une partie de la durée globale de la décroissance du son. Il est d'ailleurs arbitrairement choisi une fois pour toutes, tout en demeurant inférieur à T. Dans cette hypothèse en appelant q la quantité d'électricité mesurée au fluxmètre

$$q = \int_0^\tau h' e' \, dt = \frac{h' \tau}{T}.$$

La sensibilité du dispositif C, comme celle des méthodes A et B, est inversement proportionnelle à T, contrairement à ce qui se passe dans la méthode d'intégration normale. D'autre part, l'emploi d'un voltmètre à caractéristique logarithmique permet de donner à l'ensemble une sensibilité comparable à celle de l'oreille, et de réduire l'importance des sons captés par le microphone immédiatement après l'arrêt de la source sonore.

ÉLECTRICITÉ. — *Modification artificielle de certaines constantes d'un galvanomètre.* Note de M. **Étienne Hochard**, présentée par M. Aimé Cotton.

Si l'on place un galvanomètre dans le circuit d'une cellule photoélectrique et si on éclaire cette cellule par un faisceau lumineux commandé par le miroir du galvanomètre, l'équation du mouvement de l'équipage de ce galvanomètre se trouve modifiée.

On peut écrire cette équation dans le cas simple suivant : le miroir du galvanomètre donne, d'une fente horizontale, une image F uniformément éclairée qui se forme dans le plan d'un écran E à bord vertical. Le flux lumineux que laisse passer l'écran E est reçu intégralement par la cellule. On suppose dans ce qui suit que le bord vertical de E coupe toujours l'image F.

Le circuit étant coupé, la partie de la fente non interceptée par l'écran E a une longueur X; si l'on ferme le circuit, le flux transmis par cette portion X tend à produire un déplacement GX de F (G est compté positivement si le déplacement de F tend à produire une augmentation du flux transmis). La nouvelle position d'équilibre définie par la longueur X_0 est donnée par la relation $GX_0 = X - X_0$, c'est-à-dire $X_0 = X/1 + G$.

Lorsque $(1 + G)$ est positif, il est toujours possible de choisir la position de E pour que l'équilibre précédent puisse être réalisé. Les mouvements de l'équipage du galvanomètre autour de cette nouvelle position d'équilibre sont régis par l'équation

$$I\theta'' + F\theta' + C(1 + G)\theta = 0.$$

Tout se passe comme si la constante de torsion du fil de suspension du galvanomètre était multipliée par $(1 + G)$. La sensibilité est alors multipliée par le facteur $M = 1/1 + G$. La période et la résistance critique sont multipliées par $\sqrt{M}$ (si l'on néglige l'amortissement par l'air).

1re *application. Augmentation de la sensibilité d'un galvanomètre.* — Il suffit de choisir G de façon que M soit supérieur à 1. Le fait que la période et la résistance critique ne sont multipliées que par $\sqrt{M}$, lorsque la sensibilité est multipliée par M, permet de donner à M des valeurs assez notables sans que ses nouvelles constantes rendent le galvanomètre inutilisable.

La stabilité de zéro d'un tel ensemble dépend de la stabilité de G et de la qualité du fil de suspension qui est soumis à une torsion permanente. Pratiquement on peut régler la position de l'écran E de façon que cette torsion soit très faible. D'autre part G étant petit, il suffit d'utiliser le flux lumineux peu intense produit par une lampe sous-voltée; la valeur de G est alors très constante.

Un tel dispositif, réalisé avec un galvanomètre Chauvin-Arnoux et une cellule à vide Philips, a permis de vérifier cette stabilité de zéro pour des valeurs de M comprises entre 5 et 10.

2e *application. Réalisation d'un flux lumineux constant.* — On peut

choisir G très grand (de l'ordre de 100 par exemple, $N \neq 1/100$), il est alors facile de voir qu'une variation relative de la brillance de la source se traduit par une variation relative M fois plus faible du flux transmis par l'écran E. Pour des variations de brillance du filament de la lampe de 10 pour 100 le flux transmis est stable à 1/1000 près.

La période du galvanomètre étant très réduite du fait que G est grand, l'équilibre est atteint très rapidement et, pour les variations rapides de brillance, la stabilisation du flux atteint effectivement la précision indiquée. Mais pour les variations lentes la précision est un peu moins bonne du fait de modifications possibles de la sensibilité de la cellule et du zéro du galvanomètre. Il est d'ailleurs possible de vérifier fréquemment ce zéro et de compenser ses déplacements par des déplacements identiques de l'écran E.

Le flux constant ainsi réalisé est évidemment inutilisable, mais il est possible d'utiliser deux fentes identiques superposées dont une seule sert à la stabilisation.

L'expérience, réalisée avec une lampe, branchée sans précautions sur un secteur alternatif dont la tension est très variable, a vérifié complètement les prévisions théoriques.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Sur une évaluation des pouvoirs rotatoires magnétiques spécifiques du nitrate ferrique dissous et d'un sulfate cérique.* Note [1] de M. **H. Ollivier**, transmise par M. Pierre Weiss.

I. La transparence et le pouvoir rotatoire magnétique de solutions concentrées de nitrate ferrique dans des mélanges d'eau et d'acide azotique [2], préparées depuis 4 à 100 jours, ont été mesurés au moyen des appareils déjà décrits [3]. L'étude a porté principalement sur deux

---

(1) Séance du 14 novembre 1938.

(2) Le nitrate a été choisi parmi les sels ferriques parce que l'ion NO^3 est, au point de vue magnétooptique, très peu actif. Les propriétés physicochimiques, optiques, magnétiques des sels ferriques et de leurs solutions, surtout diluées, ont donné lieu à de nombreuses publications, notamment de Tian, de Lallemand (*Thèse de Strasbourg*, 1934), Miss C. E. Richards et R. W. Roberts (*Phil. Mag.*, 7e série, 3, 1927, p. 770), Cathala et Cluzel (*Comptes rendus*, 207, 1938, p. 781); ces auteurs citent aussi les travaux de Foussereau, Antoni, Gigli, Lamb et Jacques.

(3) H. Ollivier, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1326; *Bull. Soc. fr. de Phys.*, 1937, p. 62 S, 119 S, 147 S et *passim*.

régions spectrales appelées rouge ferrique (R. F.) et vert ferrique (V. F.) : le R. F. (6540 ± 125 Å) correspondait au maximum principal de transparence des solutions étudiées, le V. F. (5140 ± 150 Å) au milieu d'une zone secondaire de transparence, qui disparaît quand l'hydrolyse devient notable (¹). Dans tout le domaine exploré, l'indice de réfraction allait en croissant du rouge au bleu.

Les rotations magnétiques, positives, inférieures à celles de l'eau, sont plus grandes pour le V. F. que pour le R. F. tant que le titre τ en nitrate ferrique anhydre ne dépasse pas 0,35 environ; c'est l'inverse pour les solutions plus concentrées. Ainsi, au voisinage de 20°, quand les rotations magnétiques de l'eau étaient 396'.0 pour le R. F. et 657'.3 pour le V. F., les rotations magnétiques θ étaient

τ.	θ(R. F.).	θ(V. F.).
0,25	216'	316'.5
0,33	128'	134'
0,40	108'	89'

Le calcul du pouvoir rotatoire magnétique spécifique G et de son inverse f a été fait par les formules utilisées dans les publications antérieures. Il conduit à la conclusion que G est négatif et non nul (-1000 G est voisin de 14,2 dans le R. F., de 27,3 dans le V. F., pour $\tau = 0{,}33$). Quand la température s'élève de 0° jusque vers 38°, pour toutes les solutions étudiées, $-f$ croît très lentement (le point de Curie, virtuel, est vers -350° K.); si la température continue à s'élever, $-f$ reste constant.

On retrouve des résultats de même allure si l'on utilise la radiation verte du mercure, assez fortement absorbée, ou si l'on rapporte la définition du titre à un ion. On ne peut arriver à trouver G = 0 (valeur trouvée pour un corps dans un état S) que si l'on remplace dans les formules le titre τ par le produit $r\tau$, le facteur r étant peu variable et voisin de 2,5. Bien que r diffère du rapport, voisin de 4, de l'abaissement cryoscopique à l'abaissement calculé par la formule de Raoult, ces résultats sont favorables à l'hypothèse de l'existence dans ces solutions d'un ion plus complexe que l'ion ferrique.

II. Un sulfate cérique jaune (Merck), présentant tous les caractères des sels

---

(¹) Température élevée, acidité diminuée. Le phénomène est réversible entre des limites étendues et se prête à des mesures (au moyen d'une cellule photoélectrique) du titre et du degré d'hydrolyse.

cériques, a été dissous dans l'acide sulfurique dilué (5). Il s'est comporté, au point de vue de la polarisation rotatoire magnétique, comme un sel céreux : la valeur de G est négative, son inverse f varie considérablement avec la température, suivant la loi de P. Weiss ($-df : dT = 0,062$ pour $\tau = 0,123$). Une solution de sulfate céreux de même teneur en cérium, étudiée à cette occasion, a donné une droite de Weiss parallèle à la précédente et voisine d'elle. Ce cas n'a donc rien de commun avec ceux des sels de manganèse ou de gadolinium.

L'anion (SO^4 ou anion complexe) est ici peu actif. Le cation, fortement négatif, a les propriétés de l'ion Ce^{+++}. Si l'on ne peut prouver l'existence de complexes, on peut penser que dans l'oxyde qui s'unit à l'acide sulfurique pour former le corps appelé sulfate cérique la valence du cérium n'est pas 4, mais 3; O=O=Ce—Ce=O=O serait l'une des formules possibles de cet oxyde quand il entre en combinaison.

RAYONS X. — *Le pouvoir séparateur et la pénétration du rayonnement X dans les cristaux mosaïques.* Note (1) de MM. **V. Dolejšek** et **M. Ježek**, transmise par M. Maurice de Broglie.

Il est connu que les cristaux à structure mosaïque, comme par exemple le chlorure de sodium, sont soumis à une pénétration du rayonnement plus grande que les cristaux idéalement parfaits et, de ce fait, abaissent le pouvoir séparateur, même quand l'influence directe de la structure mosaïque peut être exclue par une disposition symétrique du spectrographe (2).

On peut estimer, que pour une pénétration de $0^{mm},01$ des rayons X dans un cristal de NaCl, avec une longueur d'onde moyenne et les distances de spectrographe normales employées jusqu'à présent ($r = 20^{cm}$), l'élargissement de la ligne sera de l'ordre de $10''$ (3).

D'autre part, la grandeur de l'imperfection mosaïque correspondant à peu près à $100''$ pour le domaine des longueurs d'onde moyennes ($Cu\,K_\alpha$) se manifestera, dans les méthodes symétriques, seulement par quelques dixièmes de seconde, c'est-à-dire par une influence plus petite que la plus petite imperfection possible des cristaux idéalement parfaits dans une disposition asymétrique.

---

(5) Une telle solution, déposée sur du verre argenté, enlève l'argenture aux points touchés, sans faire de bavures. Le titre n'a pas dépassé 0,13; la solubilité diminuait quand la température s'élevait; elle était nulle dans l'eau pure.

(1) Séance du 8 août 1938.

(2) J. Bačkovský, *Nature*, 141, 1938, p. 872.

(3) V. Dolejšek et J. Klein, *Nature*, 139, 1937, p. 886.

Dans le cas des cristaux parfaits la pénétration a, en effet, d'après la théorie une valeur de $0^{mm},001$ (indépendante de la longueur d'onde) et peut causer, avec un rayon de spectrographe de 20^{cm}, un élargissement correspondant à 1″.

Il s'ensuit donc que, dans une disposition symétrique, nous devons craindre, non seulement pour les cristaux mosaïques, mais aussi pour les cristaux parfaits, un abaissement du pouvoir séparateur, causé en premier lieu par la pénétration du rayonnement dans le cristal.

La pénétration du rayonnement dans le cristal se manifeste moins quand on emploie une distance cristal-plaque photographique plus grande. Nous avons comparé les pouvoirs séparateurs limites, obtenus avec les distances les plus grandes possibles. Pour des raisons pratiques il ne convient pas que, pour une fente d'environ $0^{mm},02$, les temps d'exposition dépassent 2 heures. En employant un cristal plan de sel gemme, il est possible de choisir une distance où le chemin total des rayons atteigne 6^m (le rayon du spectrographe étant 3^m).

Voici les résultats obtenus avec quelques cristaux :

Temps de l'expos.	Fente-cristal.	Cristal-plaque.	Largeur moyenne α_1 (X. U.).	α_2 (X. U.).		Cristal.
30^{min}.....	25^{cm}	141^{cm}	0,50	0,63	–	SiO^2 non corrodé) disposition asymétrique.
30.....	25	300	0,54	0,65	–	SiO^2 non corrodé) disposition asymétrique.
60.....	100	100	0,45	0,66	–	SiO^2 (corrodé).
120.....	100	100	0,35	0,64	–	SiO^2, focalisation d'après Kunzl.
120.....	300	300	0,36	0,65	$\alpha'_2\ \Delta\lambda = 0,40$	NaCl (plan).
120.....	300	300	0,38	0,63	–	ZnS (plan).

Comme le montre la comparaison des largeurs des lignes CuK_{α_1} non corrigées obtenues dans une disposition asymétrique avec SiO^2, le pouvoir séparateur n'est pas plus grand, mais au contraire plus petit qu'avec un cristal de NaCl d'une imperfection mosaïque de l'ordre de 100″ dans une disposition symétrique.

Le tableau montre encore que la plus petite largeur (non corrigée), obtenue avec le quartz (non corrodé), dans une disposition symétrique, par une méthode de focalisation et une distance de 2^m, s'accorde avec celle que fournit un cristal de NaCl plan avec une distance de 6^m, les temps d'exposition étant les mêmes. Ces deux largeurs sont encore plus petites que les valeurs non corrigées relatives à CuK_{α_1} données par un spectromètre à double cristal.

La largeur de la ligne CuK_{α_2} est en général plus grande et atteint environ 0,65 X.U. Mais sur quelques photographies il semble que la largeur propre de cette ligne ne soit pas plus grande que celle de CuK_{α_1}, mais qu'il s'agisse d'une ligne composée, présentant vers les grandes longueurs d'onde un élargissement d'environ 0,4 X. U. Cet élargissement (s'il est réel) s'accorderait avec les observations de Davis et Purks [4] faites vraisemblablement sur un cristal très parfait.

Ces résultats font ressortir qu'en employant de grandes distances, on peut obtenir avec les cristaux mosaïques un pouvoir séparateur égal à celui des cristaux parfaits.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'adhérence des armatures au béton dans le béton armé.* Note [1] de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai montré [2] que la solidarité entre l'armature et le béton, dans le béton armé, est due au retrait du béton pendant la prise et le durcissement.

Considérant une barre de fer de rayon r_1 enrobée dans un cylindre coaxial de béton de rayon r_2, j'ai trouvé pour l'adhérence, la valeur

$$(1)\qquad A = \frac{fcE}{\sigma + \dfrac{\left(\dfrac{r_2}{r_1}\right)^2 + 1}{\left(\dfrac{r_2}{r_1}\right)^2 - 1} + \dfrac{1 - \sigma'}{E'}E} = fp,$$

p, pression du béton sur le fer; f, coefficient de friction du fer contre le béton; c, coefficient de contraction du béton; E, E', σ, σ', coefficients d'élasticité et rapports de Poisson, pour le béton et pour le fer.

Pour déterminer expérimentalement la valeur de l'adhérence, on mesure la force nécessaire pour arracher la barre du béton et, d'habitude, on la répartit uniformément sur la surface de contact. En réalité, on obtient ainsi une moyenne, car, du fait de la variation du diamètre de la barre sous l'action de la force d'arrachement, l'adhérence varie considérablement le long de la barre.

---

(4) *Phys. Rev.*, 31, 1928, p. 931.

(1) Séance du 14 novembre 1938.

(2) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 21.

Autant que je sache la loi de cette variation n'est pas connue; pour les barres calibrées et polies, on peut l'établir comme il suit :

Soit T_1 la force (par cm²) qu'il faut appliquer à la barre pour l'arracher. T_1 provoque une tension qui varie de T_1 à l'extrémité N point d'application de la force, à zéro à l'autre extrémité M.

Soient T et $T + dT$ les tensions aux distances x et $x + dx$ au point M, et p la pression du fer sur le béton à cet endroit.

L'élément de barre de longueur dx, au moment où la barre commence à glisser sur toute sa longueur [3], se trouve soumis à la force $\pi r_1^2\, dT$, compensée par l'adhérence $2\pi r_1 fp\, dx$; égalant ces deux forces, on obtient

$$(2) \qquad dT = \frac{2}{r_1} fp\, dx.$$

L'élément dx sous l'action de la tension T se contracte de $\sigma' T/E'$, et les choses se passent comme si la contraction du béton était réduite d'autant. La valeur de p selon la formule (1) devient ainsi

$$p = \frac{c - \dfrac{\sigma' T}{E'}}{D} E.$$

D étant le dénominateur de la formule (1).

Remplaçant dans (2) p par sa valeur et intégrant avec la condition $x = 0$, $T = 0$, on obtient

$$(4) \qquad T = \frac{cE'}{\sigma'}(1 - e^{-nx}), \qquad \text{avec} \quad n = \frac{2\sigma' E f}{r_1 D E'}.$$

La loi cherchée de la variation de l'adhérence avec la distance x est, en appelant A_x l'adhérence au point x :

$$(5) \qquad A_x = fp = \frac{r_1}{2}\frac{dT}{dx} = A e^{-nx}.$$

La force par centimètre carré d'armature nécessaire à l'arrachement de la barre est

$$(6) \qquad T_1 = \frac{cE'}{\sigma'}(1 - e^{-nl}).$$

---

(3) On suppose qu'à ce moment tout collage éventuel entre barre et béton a disparu, collage sur lequel, d'ailleurs, on ne peut pratiquement pas compter. On néglige aussi l'élasticité longitudinale du béton.

Si, pour être arrachée, au lieu d'être tendue (T_1), la barre est comprimée (P_1), les formules (5) et (6) deviennent

$$A_x = A\, e^{n.x} \tag{5'}$$

et

$$P_1 = \frac{cE'}{\sigma'}(e^{nl} - 1). \tag{6'}$$

L'adhérence moyenne, telle qu'on la déduit habituellement de l'expérience, sera donc

$$A_m = \frac{T_1 r_1}{2l} \quad \text{ou} \quad A_m = \frac{P_1 r_1}{2l}.$$

Les expressions (6) et (6′) permettent la *détermination expérimentale du retrait* (c), *intervenant réellement dans le béton armé, ainsi que du produit* fE, par la mesure de T_1 et P_1.

On tire en effet de (6) et (6′), en y remplaçant n par sa valeur

$$c = \frac{\sigma'}{E'\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{P_1}\right)}; \qquad fE = \frac{rDE'}{2\sigma' l}\log\frac{P_1}{T_1}.$$

Des expériences faites par M. Hangan (*Thèse* de Bucarest, 1938) on déduit, en prenant

$$E' = 2\,100\,000 \text{ kg/cm}^2, \qquad \sigma = 0,2, \qquad \sigma' = 0,3,$$

les résultats *moyens* suivants, *qui doivent être regardés comme provisoires*,

$$c = 0,00012; \qquad fE = 147\,000 \text{ kg/cm}^2.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *La réduction de l'orangé 2 et du jaune métanile à l'électrode à gouttes de mercure.* Note [1] de Mlle **Hoang thi Nga**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons étudié la réduction de ces substances à l'aide du polarographe qui enregistre automatiquement des courbes d'électrolyse avec une électrode à gouttes de Hg. L'orangé 2 et le jaune métanile de formule

$SO^3NaC^6H^4N = NC^{10}H^6OH$ (orangé 2),

$SO^3NaC^6H^4N = NC^6H^4NHC^6H^5$ (jaune métanile),

ont été dissous dans des solutions aqueuses d'acides, de bases ou de sels

(1) Séance du 24 octobre 1938.

minéraux (électrolytes de base). Les solutions ont été débarrassées de l'oxygène qui pourrait se réduire à la cathode par un passage prolongé d'hydrogène. Les accumulateurs employés ont une force électromotrice de 2 ou 4 volts.

Nous avons employé dans nos mesures comme électrolytes de base des solutions tamponnées de pH déterminé, les valeurs de ce dernier ont été prises de 1 à 13; la concentration moléculaire des substances organiques est de 1/6000 normale. Nous avons trouvé qu'elles donnent lieu dans ces conditions à des paliers de réduction très nets, et la réduction se fait d'autant plus tard que le pH du milieu est plus grand ainsi que le montrent les Tableaux I et II.

En assimilant l'électrode à gouttes de Hg à une électrode à hydrogène, l'analyse mathématique des courbes courant-tension obtenues a permis d'évaluer le nombre n d'atomes d'hydrogène nécessaires à la réduction, nous avons trouvé qu'il est égal à 2 pour l'orangé 2 et pour le jaune métanile (Tableaux I et II).

Tableau I. — *Concentration moléculaire de l'orangé* 2 1/6000.

pH de l'électrolyse de base.	πa (10^{-3} volt).	π (10^{-3} volt) ([2]).	n.
1,038	113,81	2,54	2
2,972	128,04	−273,35	1,95
6,979	105,57	−482,59	2,1
8,043	96,81	−561,30	2,1
9,94	111,54	667,02	2,1
11,04	92,12	−682,36	
12,32	−17,27	−708,42	1,97

Tableau II. — *Concentration moléculaire du jaune métanile* 1/6000.

pH de l'électrolyte de base.	πa (10^{-3} volt).	π (10^{-3} volt).	n.
1,925	122	−150,33	2,05
2,972	126,04	−164,51	
3,948	124,52	−189,32	1,99
4,958	193,59	−236,9	
5,906	97,32	−294,92	2,05
6,979	104,92	401,98	
8,043	105,43	493,14	2
9,94	5,57	585,47	2,08
11,04	77,55	681,78	
12,32	24,83	723,33	1,99

([2]) Ces potentiels ont été mesurés par rapport à une électrode au calomel saturé.

Si l'on examine ces colorants au point de vue chimique, on constate que chacun d'eux peut exister dans la solution sous deux formes tautomères, la forme azoïque et la forme quinonique :

$$\begin{cases} (\mathrm{I}). & \mathrm{SO^3NaC^6H^4N{=}NC^{10}H^6OH}, \\ (\mathrm{II}). & \mathrm{SO^3NaC^6H^4NHN{=}C^{10}H^6{=}O}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} (\mathrm{III}). & \mathrm{SO^3NaC^6H^4N{=}NC^6H^4NHC^6H^5}, \\ (\mathrm{IV}). & \mathrm{SO^3NaC^6H^4NHN{=}C^6H^4{=}NC^6H^5}, \end{cases}$$

et dont les réductions se feraient suivant les réactions

$$(\mathrm{I}).\ \begin{cases} 1^\circ\ \mathrm{SO^3NaC^6H^4N{=}NC^{10}H^6OH} + 2\mathrm{H} \rightleftharpoons \mathrm{SO^3NaC^6H^4NHNHC^{10}H^6OH}, \\ 2^\circ\ \mathrm{SO^3NaC^6H^4NHNHC^{10}H^6OH} + 2\mathrm{H} \rightleftharpoons \mathrm{SO^3NaC^6H^4NH^2} + \mathrm{NH^2C^{10}H^6OH}; \end{cases}$$

$$(\mathrm{II}).\ \begin{cases} 1^\circ\ \mathrm{SO^3NaC^6H^4NHN{=}C^{10}H^6{=}O} + 2\mathrm{H} \rightleftharpoons \mathrm{SO^3NaC^6H^4NHNHC^{10}H^6OH}, \\ 2^\circ\ \mathrm{SO^3NaC^6H^4NHNHC^{10}H^6OH} + 2\mathrm{H} \rightleftharpoons \mathrm{SO^3NaC^6H^4NH^2} + \mathrm{NH^2C^{10}H^6OH}; \end{cases}$$

$$(\mathrm{III}).\ \begin{cases} 1^\circ\ \mathrm{SO^3NaC^6H^4N{=}NC^6H^4NHC^6H^5} + 2\mathrm{H} \rightleftharpoons \mathrm{SO^3NaC^6H^4NHNHC^6H^4NHC^6H^5}, \\ 2^\circ\ \mathrm{SO^3NaC^6H^4NHNHC^6H^4NHC^6H^5} + 2\mathrm{H} \rightleftharpoons \mathrm{SO^3NaC^6H^4NH^2} + \mathrm{NH^2C^6H^4NHC^6H^5}; \end{cases}$$

$$(\mathrm{IV}).\ \begin{cases} 1^\circ\ \mathrm{SO^3NaC^6H^4NHN{=}C^6H^4{=}NC^6H^5} + 2\mathrm{H} \rightleftharpoons \mathrm{SO^3NaC^6H^4NHNHC^6H^4NHC^6H^5}, \\ 2^\circ\ \mathrm{SO^3NaC^6H^4NHNHC^6H^4NHC^6H^5} + 2\mathrm{H} \rightleftharpoons \mathrm{SO^3NaC^6H^4NH^2} + \mathrm{NH^2C^6H^4NHC^6H^5}. \end{cases}$$

Puisque $n = 2$, il est logique d'admettre que les réductions se sont faites, ou suivant les premières réactions des groupes (I) et (III), ou suivant les premières réactions des groupes (II) et (IV) et que les colorants se sont transformés en hydrazines substituées; et l'on peut penser que dans les limites de l'expérience la réduction s'est faite principalement suivant les unes ou les autres de ces réactions et non suivant les deuxièmes équations de ces mêmes groupes qui indiquent que la réduction nécessite également 2H, car il faut que les colorants soient d'abord réduits pour donner naissance à la présence des hydrazines substituées dans la solution. La réduction semble donc s'arrêter à la première phase sans qu'il y ait rupture des molécules.

COLLOÏDES. — *Remarques touchant l'action de l'alcool sur les systèmes colloïdaux à particules hydrophiles.* Note [1] de MM. **Wilfried Heller** et **Étienne Vassy**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les colloïdes hydrophiles se distinguent des colloïdes hydrophobes parce qu'ils sont très sensibles aux électrolytes, qui les coagulent diffici-

---

[1] Séance du 7 novembre 1938.

lement. Ils deviennent par contre sensibles si l'on ajoute aux solutions aqueuses de l'alcool ou de l'acétone. H. Kruyt a admis que ces corps déshydratent les particules qui deviendraient ainsi hydrophobes.

L'addition d'alcool conduit encore à une altération optique des systèmes : ils deviennent opaques ([2]). Nous considérons la gélatine. L'absorption provient alors (dans le visible) uniquement de la diffraction. Si l'hypothèse de Kruyt est exacte, l'augmentation de la diffraction par l'addition d'alcool devra être considérée comme la conséquence d'une déshydratation ([3]).

E. Heymann a examiné les variations du volume spécifique V d'une solution de gélatine pure. Admettant qu'elles renseignent sur les changements de l'hydratation des particules, il a trouvé ([4]) que les particules sont plus hydratées aux basses températures et que le degré d'hydratation caractéristique pour une température donnée est beaucoup plus vite atteint dans une solution préalablement refroidie (II) que dans une solution préalablement chauffée (I). Ses résultats sont reproduits dans la figure 1. Nous

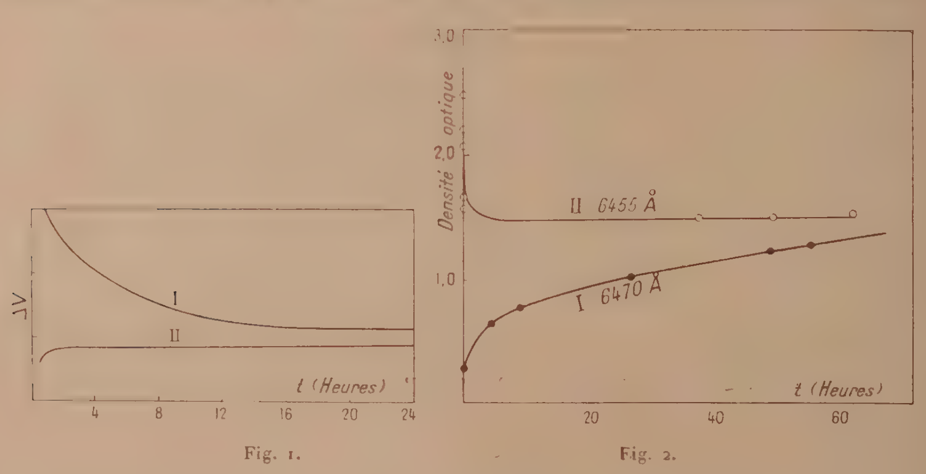


Fig. 1. Fig. 2.

avons repris cette étude en suivant la variation de la diffraction, mais nous avons préféré utiliser une solution de gélatine (Nelson) additionnée d'alcool (6^{g} de gélatine et $28^{cm^3},7$ d'alcool éthylique par 100^{cm^3} de solution).

([2]) W. Heller, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1507.

([3]) W. Heller et E. Vassy, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 857.

([4]) *Trans. Far. Soc.*, 32, 1936, p. 1.

Les résultats des mesures spectrographiques d'absorption sont donnés (pour une seule longueur d'onde) dans la figure 2 (épaisseur de la couche, 2^{cm}; température des solutions étudiées dans un thermostat, 21°,00C.). La courbe I se rapporte à la solution préalablement chauffée pendant 10 minutes à 40°C., la courbe II à la solution préalablement refroidie pendant 10 minutes à 6°C. Les variations de la densité optique indiqueraient donc que l'hydratation des particules est plus grande aux températures élevées et qu'elle varie à température constante beaucoup plus vite (*t* est le temps après mise des échantillons dans le thermostat) dans la solution préalablement refroidie. L'allure des courbes est donc pratiquement identique avec celle des courbes de Heymann, mais les conclusions à en tirer auraient qualitativement et quantitativement le sens opposé.

Il n'y a que deux explications possibles : ou bien les systèmes de gélatine additionnés d'alcool se comportent, au point de vue hydratation, à l'inverse des systèmes de gélatine pure, ou bien la variation de la diffraction ne provient pas d'une déshydratation. La première explication ne paraît pas très plausible. Quant à la deuxième, il faut se rappeler que dans notre cas une variation de la diffraction ne peut provenir que d'une variation de la différence existant entre l'indice de réfraction des particules et celui du milieu dispersif. Or cette différence pourrait varier non seulement quand les particules perdent ou gagnent de l'eau, mais encore quand elles renferment plus ou moins d'alcool. On rendrait compte des résultats expérimentaux et de leur contradiction apparente en admettant que les particules s'hydratent toujours plus aux basses températures, mais que dans les systèmes additionnés d'alcool l'influence de ce dernier serait encore plus marquée. Dans les systèmes fortement diffractants (basse température), le rapport entre l'alcool et l'eau dans la micelle serait plus grand que dans le milieu dispersif. A mesure que la température s'élève, l'hydratation et l'alcoolisation diminueraient, mais inégalement, de sorte que la répartition relative de l'eau et de l'alcool dans les micelles d'une part, et dans le milieu dispersif d'autre part tendrait vers l'égalité. La variation de la diffraction à température constante (dans les solutions préalablement chauffées ou refroidies) s'expliquerait alors d'une façon analogue par une variation de l'hydratation accompagnée par une variation simultanée et plus forte de l'alcoolisation.

La sensibilisation des colloïdes hydrophyles par l'alcool serait alors due à une alcoolisation et non pas à une déshydratation des particules. On ne

pourra émettre une opinion définitive que lorsque, en poursuivant l'application de la méthode de Heymann, on aura vu si, dans les sols de gélatine pure d'une part, et dans ceux de gélatine additionnée d'alcool d'autre part, le volume spécifique varie ou non dans le même sens lorsque la température varie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un cobaltopyrophosphate de sodium.* Note de Mlle RAYMONDE DUVAL et M. CLÉMENT DUVAL, présentée par M. Marcel Delépine.

Une solution de pyrophosphate de sodium dissout le pyrophosphate cobalteux récemment précipité. Dans la liqueur obtenue, le cobalt est dissimulé pendant un certain temps vis-à-vis de la plupart de ses réactifs; ainsi, on n'observe pas immédiatement la coloration verte par action de bicarbonate de sodium et d'eau oxygénée ni de précipité avec le carbonate d'ammonium. Un composé complexe existe donc vraisemblablement dans la solution. De nombreux auteurs ont tenté sans succès de l'isoler.

Nous l'avons mis en évidence par des mesures de conductibilité et par des expériences de migration d'ions. Les résultats obtenus nous ont ensuite permis d'obtenir le corps cherché sous forme solide. C'est le *cobalt-II-diaquopyrophosphate de sodium.*

Nous avons d'abord observé, à l'aide de liqueurs titrées de chlorure de cobalt bivalent et de pyrophosphate de sodium, que le précipité violet de pyrophosphate de cobalt $P^2O^7Co^2$ exige pour se redissoudre un volume de solution de pyrophosphate de sodium *double* de celui qui l'avait produit. D'où l'équation de réaction

$$2\,Cl^2Co + 2\,P^2O^7Na^4 \rightarrow 2\,P^2O^7CoNa^2 + 4\,ClNa,$$

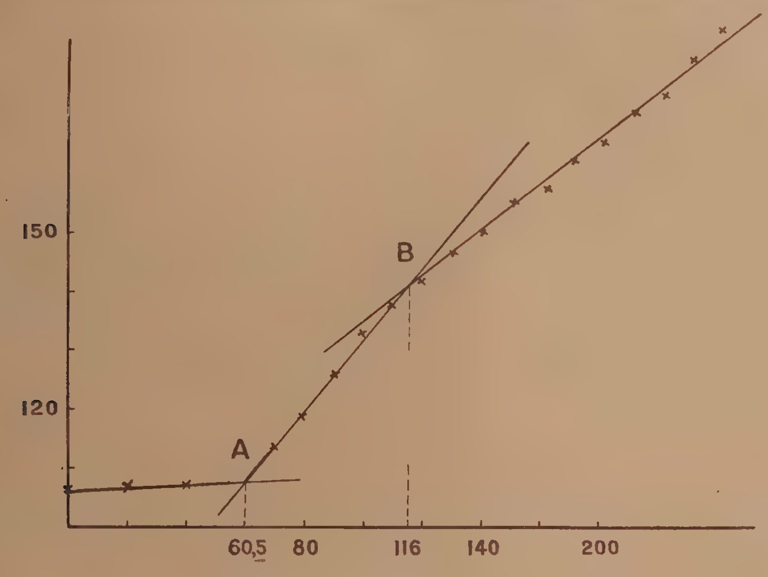
tandis que la formation du pyrophosphate simple se représente par

$$2\,Cl^2Co + P^2O^7Na^4 \rightarrow P^2O^7Co^2 + 4\,ClNa.$$

Les mesures de conductibilité effectuées à 15° par la méthode classique de Dutoit ont mis en évidence la formation de pyrophosphate de cobalt (point A) et celle du complexe (point B). Pour observer commodément ce dernier point, les mesures doivent être effectuées très rapidement; un essai préliminaire sert à calculer la quantité de pyrophosphate de sodium nécessaire pour observer le point A, ce qui permet de conduire rapidement

le dosage; sinon, le point B est observé avant l'addition d'une molécule de pyrophosphate de sodium pour un atome de cobalt; le volume de réactif utilisé est d'autant plus petit que le dosage a été plus lent, preuve que le complexe est instable en solution.

Ce dernier est bien un cobaltopyrophosphate, comme le montrent diverses expériences de migration d'ions effectuées avec le tube à robinets déjà décrit [1] : l'opération est réalisée avec des solutions aqueuses du complexe



En ordonnées, les conductibilités en inverses d'ohms.
En abscisses, les volumes de pyrophosphate de sodium en centièmes de centimètre cube.

présumé, contenant un grand excès de pyrophosphate de sodium pour empêcher l'hydrolyse; les branches du tube contiennent ce dernier sel et le courant (15 mA, 110 V) passe pendant 1 heure. Le cobalt a été décelé dans le compartiment anodique à l'aide de l'α-nitroso-β-naphtol en solution acétique.

En présence de ces renseignements qualitatifs et quantitatifs, nous avons réalisé la préparation du sel complexe de la façon suivante : 250$^{cm^3}$ d'une solution de chlorure de cobalt bivalent renfermant 1^g,55 de métal par litre, sont traités par le volume calculé, soit 60$^{cm^3}$ d'une solution de pyrophosphate

---

[1] *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 1020.

de sodium à 27g,6 de sel anhydre par litre. Le mélange se fait à 0° et nous lui ajoutons immédiatement 300cm³ d'alcool à 95° pris à la même température. Le précipité formé est centrifugé et lavé à trois reprises avec l'alcool refroidi : il est bleu violet et pèse 0g,61 après séchage à 110° jusqu'à poids constant.

A cette température le sel conserve solidement deux molécules d'eau de constitution. Le cobalt est dosé par électrolyse en présence de tartrate d'ammonium. Sur une autre prise, le pyrophosphate est dosé sous forme de sel magnésien après avoir éliminé le cobalt par l'hydrogène sulfuré en présence d'un excès d'acétate d'ammonium. Après avoir chassé les sels ammoniacaux, le sodium est pesé sous forme de sel de Streng-Charonnat.

Calculé pour $[Co P^2O^7 (H^2O)^2] Na^2$, Co 18,7; P^2O^7 55,2; Na 14,6. Trouvé, Co 19,0; P^2O^7 55,7; Na 13,0.

Tout ce qui précède peut être répété mot pour mot pour le sel de *nickel* $[Ni P^2O^7 (H^2O)^2] Na^2 . 4H^2O$. La courbe de titrage est un peu plus nette, car le sel complexe possède une moins grande tendance à l'hydrolyse que celui de cobalt. Il a été récemment isolé par Basset, Bedwell et Hutchinson [2].

D'autres pyrophosphates, entre autres celui de thorium, sont justiciables de la même technique.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les monochloréthanoates neutre et basiques de plomb.* Note de M. **Edmond Grillot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le caractère complexe de l'éthanoate de plomb se manifeste, en particulier, dans l'étude de ses combinaisons halogéno-éthanoïques [1] et [2]. J'ai recherché les modifications que pouvait créer l'introduction, dans le radical éthanoyle, d'un atome de chlore directement lié au carbone.

Le monochloréthanoate de plomb n'a été entrevu que par Bateman et Hoel [3]. C'est un sel blanc, donnant de beaux cristaux en forme de tables, dont j'ai pu modifier la préparation et préciser les propriétés. On l'obtient aisément par action du monochloréthanoïque sur du carbonate de plomb fraîchement précipité, puis cristallisation par refroidissement. Sa solubi-

---

(2) *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 1412.

(1) Ed. Grillot, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1049.

(2) Ed. Grillot, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2177.

(3) *Journal American Chem. Soc.*, 36, 1914, p. 2517.

lité dans l'eau, faible à froid (2,8 pour 100 à 25°), croît linéairement avec la température de 1,6 pour 100 par 10°. A chaud, ses solutions subissent l'hydrolyse. Contrairement à l'éthanoate de plomb, il cristallise anhydre et répond à la formule $(CH^2Cl.CO^2)^2Pb$ [Pb 52,48 °/₀ (calc. 52,58 °/₀); Cl 17,87°/₀ (calc. 17,99 °/₀); C 12,28 °/₀ (calc. 12,17 °/₀); H 1,10 °/₀ (calc. 1,01 °/₀)].

Ce sel se dissout plus rapidement et en plus grande quantité dans une solution normale d'ammoniaque que dans l'eau pure, à la température ordinaire comme au voisinage de la température d'ébullition; puis (dans ces deux cas), des germes cristallins apparaissent spontanément, et un sel blanc, contenant la presque totalité du plomb précipite : c'est toujours un monochloréthanoate basique de plomb. L'analyse de divers échantillons obtenus à chaud ou à froid montre que le rapport des nombres d'atomes de carbone et de plomb est toujours très voisin de deux, alors que celui des nombres d'atomes de plomb et de chlore n'est pas constant, et est toujours un peu inférieur à 1. On doit donc en conclure que ce corps répond à la formule $(CH^2Cl.CO^2)^2Pb, PbO$, et est rendu impur par une faible quantité d'hydroxyéthanoate basique de plomb $(CH^2OH.CO^2)^2Pb, PbO$, décrit par Shulze (*Jahresbericht über die Fortsch. der Chem.*, 1862, p. 284), et Fahlberg (*Journal für prakt. Chem.*, 2e série, 7, p. 238).

Le radical hydroxyéthanoyle, produit normal de l'hydrolyse du radical monochloréthanoyle, peut être caractérisé par ses réactions habituelles. Il m'a été impossible d'éviter complètement cette hydrolyse. Toutefois, en dissolvant à chaud le monochloréthanoate de plomb dans la solution d'ammoniaque, puis siphonnant et filtrant à l'abri du gaz carbonique atmosphérique après refroidissement et précipitation partielle, le produit qui cristallise du filtrat contient une plus faible proportion d'impureté (un peu moins de 2 pour 100). Les résultats de l'analyse sont les suivants : Pb 67,47 pour 100 (calc. 67,13 pour 100); Cl 11,30 pour 100 (calc. 11,49 pour 100); C 7,85 pour 100 (calc. 7,77 pour 100).

Ce monochloréthanoate basique de plomb, très peu soluble à froid, est légèrement soluble à chaud. La réaction alcaline de la solution conduit à penser qu'il s'agit de l'oxyde d'un cation complexe diplombodimonochloréthanoyle $[Pb^2(CH^2Cl.CO^2)^2]O$.

Par contre ce sel se dissout rapidement dans une solution de monochloréthanoate neutre de plomb, dont la solubilité augmente également. Ce phénomène est très sensible au voisinage de la température d'ébullition. Par refroidissement, j'ai pu faire cristalliser un second monochloréthanoate basique de plomb, soluble dans l'eau, dont la solution présente une

réaction alcaline très vive, et dont la composition correspond à la formule $[Pb^2(CH^2Cl.CO^2)^3]OH$. L'analyse de divers échantillons obtenus indique que le rapport des nombres d'atomes de carbone et de plomb se maintient toujours au voisinage immédiat de 3, alors que celui des nombres d'atomes de chlore et de plomb n'est pas constant, et est toujours un peu inférieur à 1,5. Il convient d'admettre la cristallisation simultanée d'un autre hydroxyéthanoate basique de plomb, soluble dans l'eau, et de formule vraisemblablement analogue.

Le produit le moins impur que j'ai pu obtenir contenait 58,36 pour 100 de plomb (calculé 58,20 pour 100); 10,23 pour 100 de carbone (calculé 10,11 pour 100) et 14,20 pour 100 de chlore (calculé 14,96 pour 100); la proportion d'impureté était donc d'environ 5 pour 100. La méthode de préparation de cet échantillon a consisté à dissoudre dans l'eau un mélange équimoléculaire du sel basique insoluble et du sel neutre, en portant un instant à l'ébullition. Ensuite on a siphonné et filtré à l'abri du gaz carbonique atmosphérique après cristallisation partielle par refroidissement. Puis le filtrat a été évaporé à froid, dans le vide, sur chlorure de calcium.

Il existe donc une analogie entre les monochloréthanoates basiques de plomb, et les deux éthanoates basiques étudiés par MM. Dubrisay et Saint-Maxen (1). Dans l'un et l'autre cas, les sels basiques intermédiaires sont solubles dans l'eau, et les formules en sont semblables. En revanche, le premier monochloréthanoate basique décrit, faiblement soluble dans l'eau, présente une formule de constitution plus simple que l'éthanoate basique correspondant. De plus, le monochloréthanoate neutre de plomb est deux fois plus soluble dans les solutions à 8,4 pour 100 d'éthanoate de plomb, et cinq fois plus soluble dans celles à 52 pour 100 que dans l'eau pure. Ce phénomène, qui rappelle celui observé entre les halogénures et l'éthanoate de plomb, laisse présumer l'existence de combinaisons intermédiaires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'acide* 3-[4-*méthoxyphényl*] *méthylpyruvique*. Note de M. **Eugène Cattelain**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les travaux de M. Bougault (1) sur les semicarbazones et thiosemicarbazones, acides semicarbazides et thiosemicarbazides, dioxytriazines et

(1) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 584, et **205**, 1937, p. 325.

(1) *Ann. Ch.*, 9e série, **5**, 1916, p. 317; J. Bougault et L. Daniel, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 151.

sulfoxytriazines nous ont engagé à poursuivre ces recherches en vue de les généraliser.

L'objet de la présente Note est d'exposer les premiers résultats obtenus à partir d'un nouvel acide α-cétonique, l'acide β-[4-méthoxyphényl] méthylpyruvique

$$\begin{array}{l} CH^3-CH-CO-COOH \\ \qquad\quad | \\ \qquad\ C^6H^4-OCH^3. \end{array}$$

1. *Acide* β-[*4-méthoxyphényl*] *méthylpyruvique.* — Le point de départ pour la préparation de cet acide α-cétonique β-substitué a été l'*aldéhyde p-méthoxyhydratropique* ou *aldéhyde* α-[*4-méthoxyphényl*] *propionique* (I), préparé par J. Bougault [2] en oxydant l'anéthol au moyen de l'iode et de l'oxyde jaune de mercure. La *combinaison bisulfitique* de cet acide (II) réagit, en solution aqueuse et à froid, sur une molécule de cyanure de potassium, en donnant le *nitrile* β-[*4-méthoxyphényl*] *méthyllactique* (III) qui, sous l'action de l'acide chlorhydrique concentré et à froid, fournit, par fixation d'une molécule d'eau, l'*amide* β-[*méthoxyphényl*] *méthyllactique* (IV). L'oxydation permanganique de cet amide, en milieu acétonoacétique, permet d'obtenir l'*amide* β-[*4-méthoxyphényl*] *méthylpyruvique* (V) que l'on transforme aisément en *acide* β-[*méthoxyphényl*] *pyruvique* (VI) sous l'action, à chaud, des alcalis dilués.

$$\begin{array}{lcl} \begin{array}{l} CH^3-CH-CHO \\ \qquad\ | \\ \qquad C^6H^4-OCH^3 \\ \qquad\quad (I). \end{array} & \xrightarrow{SO^3HNa} & \begin{array}{l} CH^3-CH-CHOH-SO^3Na \\ \qquad\ | \\ \qquad C^6H^4-OCH^3 \\ \qquad\quad (II). \end{array} \\ \xrightarrow{CNK} \begin{array}{l} CH^3-CH-CHOH-CN \\ \qquad\ | \\ \qquad C^6H^4-OCH^3 \\ \qquad\quad (III). \end{array} & \xrightarrow{+H^2O} & \begin{array}{l} CH^3-CH-CHOH-CONH^2 \\ \qquad\ | \\ \qquad C^6H^4-OCH^3 \\ \qquad\quad (IV). \end{array} \\ \xrightarrow{O} \begin{array}{l} CH^3-CH-CO-CONH^2 \\ \qquad\ | \\ \qquad C^6H^4-OCH^3 \\ \qquad\quad (V). \end{array} & \xrightarrow{+H^2O} & \begin{array}{l} CH^3-CH-CO-COOH \\ \qquad\ | \\ \qquad C^6H^4-OCH^3 \\ \qquad\quad (VI). \end{array} \end{array}$$

2. *Dérivés de l'acide* β[*4-méthoxyphényl*] *méthylpyruvique : semicarbazone, dioxytriazine et éthers de la dioxytriazine.*

La *semicarbazone* (VII) s'obtient en traitant le sel de sodium de l'acide

---

[2] *Comptes rendus,* 130, 1900, p. 1766.

β-[4-méthoxyphényl] méthylpyruvique par le chlorhydrate de semicarbazide additionné de carbonate de sodium ou d'acétate de sodium. Cette semicarbazone se cyclise facilement par déshydratation, sous l'action de la soude diluée, soit à chaud, soit beaucoup plus lentement à froid, en donnant la *dioxy-as-triazine* correspondante (VIII), dont on a préparé les *monoéthers* (IX) et les *diéthers* (X) par alcoylation et arylation en tube scellé. La séparation des mono- et des diéthers, qui se forment simultanément, s'effectue en traitant le mélange par une solution bouillante de carbonate de sodium qui dissout seulement le monoéther et l'abandonne par refroidissement.

$$\begin{array}{l} CH^3 \\ \quad \rangle CH.C\langle^{N-NH}_{CO.OH} \searrow CO.NH^2 \\ CH^3O.C^6H^4 \end{array} \xrightarrow{+H^2O} \begin{array}{l} CH^3 \\ \quad \rangle CH.C\langle^{N-NH}_{CO-NH} \rangle CO \\ CH^3O.C^6H^4 \end{array}$$

(VII). (VIII).

$$\begin{array}{l} CH^3 \\ \quad \rangle CH\langle^{N-NH}_{CO-N.R} \rangle CO \\ CH^3O.C^6H^4 \end{array} \qquad \begin{array}{l} CH^3 \\ \quad \rangle CH.C\langle^{N-N.R}_{CO-N.R} \rangle CO \\ CH^3O.C^6H^4 \end{array}$$

(IX). (X).

3. *Principaux composés nouveaux obtenus.*

Nitrile β-[4-*méthoxyphényl*] *méthyllactique.* — Liquide; d_4^{19} 1,093; n_D^{19} 1,519. Se décompose vers 50° (15mm) en aldéhyde *p*-méthoxyhydratropique et acide cyanhydrique.

Amide β-[4-*méthoxyphényl*] *méthyllactique.* — F. 123°. *Analyse.* C % 63,51; H % 7,35; N % 7,04 (calculé pour $C^{11}H^{15}O^3N$, C % 63,15; H % 7,17; N % 6,69).

Acide β-[4-*méthoxyphényl*] *méthyllactique.* — F. 91-92°. Poids mol. (par acidimétrie) calculé 210; trouvé 209.

Amide β-[4-*méthoxyphényl*] *méthylpyruvique.* — F. 119-120°. *Analyse.* C % 62,98; H % 6,50; N % 7,41 (calculé pour $C^{11}H^{15}O^3N$, C % 63,76; H % 6,28; N % 6,76).

Semicarbazone de l'amide β-[4-*méthoxyphényl*] *méthylpyruvique.* — F. 239°.

Acide β-[4-*méthoxyphényl*] *méthylpyruvique.* — F. 30°. Poids mol. (par acidimétrie) calculé 208; trouvé 209.

Semicarbazone de l'acide β-[4-*méthoxyphényl*] *méthylpyruvique.* — F. 207°,5.

Méthoxyphénylméthyldioxytriazine. — F. 220°,5. *Analyse.* C % 58,36; H % 5,10; N % 16,84 (calculé pour $C^{12}H^{13}O^3N^3$, C % 58,30; H % 5,26; N % 17).

Éthers de la méthoxyphénylméthyldioxytriazine

monométhylique	F. 159°-160°,	diéthylique (non obtenu cristallisé),	
diméthylique	F. 142°,5,	monobenzylique	F. 206°,
monoéthylique	F. 132°,	dibenzylique	F. 160°,5-161°,5,

Un mémoire détaillé paraîtra dans un autre périodique.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des roches granitiques dans les Pyrénées.* Note de M. **Eugène Raguin**, présentée par M. François Grandjean.

La zone axiale des Pyrénées et les massifs anciens de la région des plis nord-pyrénéens sont constitués de terrains primaires, de micaschistes et de gneiss. L'ensemble a été fortement plissé à la fin de l'ère primaire par les mouvements hercyniens, puis disloqué par les mouvements orogéniques secondaires et tertiaires de façon locale seulement. Ces terrains primaires et cristallophylliens sont recoupés et envahis par de vastes intrusions de granites post-tectoniques, mis en place après les mouvements hercyniens, probablement à la fin du Carbonifère. Ainsi que je l'ai montré antérieurement [1], les massifs de gneiss situés à la base de la série primaire ont été produits par l'ascension d'un magma granitique diffus, qui a intimement pénétré, assimilé ou imprégné les schistes anciens. Au moins pour la plupart d'entre eux, ces gneiss sont des gneiss d'injection complexes et d'une extension régionale, c'est-à-dire des *migmatites* analogues à celles qui ont été décrites d'abord en Scandinavie et retrouvées ensuite en beaucoup de régions, notamment dans le Massif Central français. Il y a concordance entre les gneiss et les terrains primaires superposés, et la formation des migmatites a effacé la base stratigraphique véritable de la série primaire.

L'hétérogénéité des migmatites, l'aspect désordonné de leurs variations de faciès, empêchent de les confondre avec les massifs de granite proprement dit de la région, dont le magma est homogène ou contient des enclaves à bord net. La localisation différente, la minéralisation distincte vérifient en outre cette distinction.

L'âge de l'ascension de magma granitique qui a produit les migmatites est postérieur à l'Ordovicien inférieur et antérieur aux mouvements hercyniens. Il est donc antérieur à l'âge des grandes intrusions post-tectoniques de granite.

On rencontre assez souvent dans les schistes primaires faiblement métamorphiques, superposés aux gneiss, des bancs d'arkose qui suggèrent l'existence de régions granitiques déjà émergées lors du dépôt de ces sédiments, émergées par conséquent à une époque antérieure à la formation des migmatites qui ont gneissifié la base de la série sédimentaire.

Une observation nouvelle me permet de préciser l'existence de ces

---

[1] E. Raguin, *Bull. Soc. géol. France,* 5e série, 8, 1938, p. 11-36.

granites antérieurs aux migmatites. Le massif de Castillon au sud de Saint-Girons, dans les Pyrénées ariégeoises, est constitué de migmatites s'étendant sur une douzaine de kilomètres du nord-ouest au sud-est, entre la vallée du Lez et celle du Salat, et sur une largeur moitié moindre transversalement. Elles supportent sur les bordures orientale et septentrionale, soit sur un développement de 10^{km}, une série de schistes primaires attribués au Silurien. Ces couches, formées de schistes fissiles noirâtres ou d'alternances de minces lits de grès fin blanchâtres et de schistes noirs, sont très fréquemment injectées de filons granitoïdes ou pegmatoïdes près du contact des migmatites, comme il est normal à la bordure de toutes les migmatites pyrénéennes. Près d'Alos, village situé 10^{km} à l'est de Castillon, j'ai constaté que des lits d'arkose grossière et de conglomérat s'intercalent dans la formation silurienne. Le banc conglomératique, ayant plusieurs dizaines de mètres de puissance, a été mis en relief par l'érosion sur la croupe de Coulouniet, et il s'altère par l'érosion en grosses masses arrondies bien visibles. Le conglomérat contient des galets granitiques ayant parfois plus d'un centimètre de diamètre, et (principalement) des galets quartzeux ou feldspathiques, des micas altérés, le tout dans un ciment argilo-ferrugineux. Ce granite est à grain moyen et formé essentiellement de quartz, microcline, d'un plagioclase voisin de l'albite, de biotite.

Il s'avère donc qu'il y a eu au moins trois venues de magma granitique dans les terrains anciens des Pyrénées : la première est anté-silurienne; la suivante, qui a produit les migmatites, est postérieure à l'Ordovicien inférieur et antérieure à l'orogénie hercynienne; la troisième, postérieure à cette orogénie, est sans doute carbonifère.

GÉOLOGIE DYNAMIQUE. — *Mesures de transparence des eaux de l'Aulne maritime à Trégarvan.* Note (¹) de M. Claude Francis-Boeuf.

L'Aulne, ou rivière de Châteaulin, traverse, pendant la majeure partie de son parcours, des schistes ardoisiers, il est donc normal, *a priori*, que ses eaux soient chargées de fines suspensions et que leur transparence soit assez réduite. D'autre part, la rivière a été submergée dans son cours inférieur et les eaux marines se rencontrent, maintenant, de l'embouchure (au SE de la rade de Brest) jusqu'à Port-Launay, dans des conditions qui

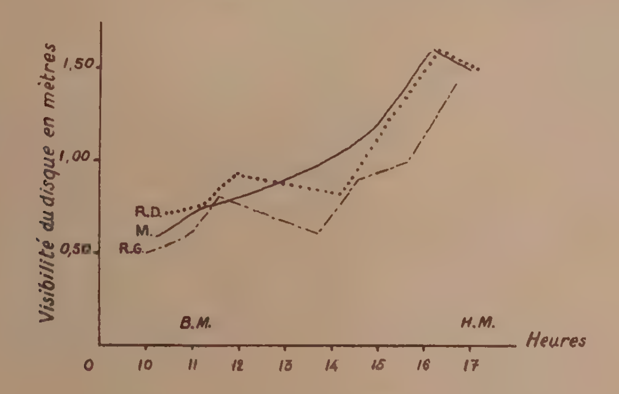
(¹) Séance du 7 novembre 1938.

sont à déterminer. L'arrivée des eaux salées change donc la turbidité des eaux fluviales dans cette partie de la rivière.

A l'aide d'un disque blanc en porcelaine [2], d'environ $0^m,25$ de diamètre, lesté d'un poids de 1^{kg}, j'ai effectué, au coude de Trégarvan, des mesures de transparence. Les opérations ont été poursuivies un peu avant l'établissement de la basse mer jusqu'à la haute mer suivante.

Toutes les heures environ, je plongeai le disque dans les eaux, près de la rive gauche (RG), au milieu M et près de la rive droite (RD).

Les résultats obtenus peuvent être exprimés par les trois courbes ci-dessous. L'arrivée des eaux marines change dans le sens positif,



la transparence en chaque point de la rivière. Il semble que ce soit là un phénomène général, mais cependant de curieuses anomalies sont à noter le long des rives.

On pourrait les interpréter de cette façon :

La progression de la marée fait que les eaux marines, plus transparentes, se substituent aux eaux fluviales qui reculent sous la poussée, mais seulement dans une très faible mesure, au coude de Trégarvan. En réalité, quand la haute mer est établie, on peut trouver les deux eaux.

Le courant descendant la rivière, formé du courant fluvial et du courant de jusant, est maximum [3], en débit, environ une heure ou deux, après

---

(2) Méthode de Secchi.

(3) Dans une rivière encaissée comme l'Aulne, un facteur très important joue dans l'établissement des courants, c'est le vent. Un vent violent et continu peut, du moins en surface, annuler le courant de jusant ou de flot.

Les mesures que je donne ont été effectuées par temps calme.

que la mer a commencé à descendre : il est très amoindri en fin de marée. Quand le courant est fort, les suspensions transportées par l'eau sont très agitées et la transparence est faible. A mesure que la force du courant diminue, les suspensions ont de plus en plus tendance à tomber par gravité et à se déposer : l'eau devient plus transparente, c'est ce que l'on peut constater sur les trois graphiques. La transparence augmente avec la fin de l'établissement de la basse mer à l'étale.

Quand la mer monte, un courant de flot s'établit, qui, à son tour, brasse les suspensions déposées, ou en train de se déposer (particulièrement le long des rives où des courants turbulents compliqués s'établissent). La transparence de l'eau diminue de nouveau, bien qu'il y ait un apport d'eau salée limpide, c'est que l'influence du courant (le courant de flot est maximum en vitesse deux heures après l'étale) domine ici l'influence proprement dite des eaux marines.

Quand le courant de flot diminue, l'eau salée limpide prend de plus en plus d'importance, la transparence augmente, atteint son maximum une demi-heure environ avant la haute mer. En effet, dès que le courant de flot s'atténue, le courant de rivière reprend le dessus et la transparence diminue de nouveau, diminution qui s'accentue avec l'établissement du courant de jusant. Ce cycle est surtout remarquable le long des rives où la profondeur est faible. Au milieu, où la profondeur est de 10^{m} environ, la courbe de transparence obéit plus directement à l'influence des eaux marines, en ce sens qu'elle croît constamment, depuis l'extinction du courant de jusant, jusqu'à l'établissement presque complet de la haute mer.

J'ai effectué des mesures de vérification [4] par le travers du bourg de Dinéault, en amont de Trégarvan et près de Landévénec par le travers de l'île Ténérez, en aval de Trégarvan. Toutes choses égales d'ailleurs (eaux fluviales plus influentes à Dinéault, eaux marines plus influentes à Landévénec), les résultats obtenus à Trégarvan ont été confirmés.

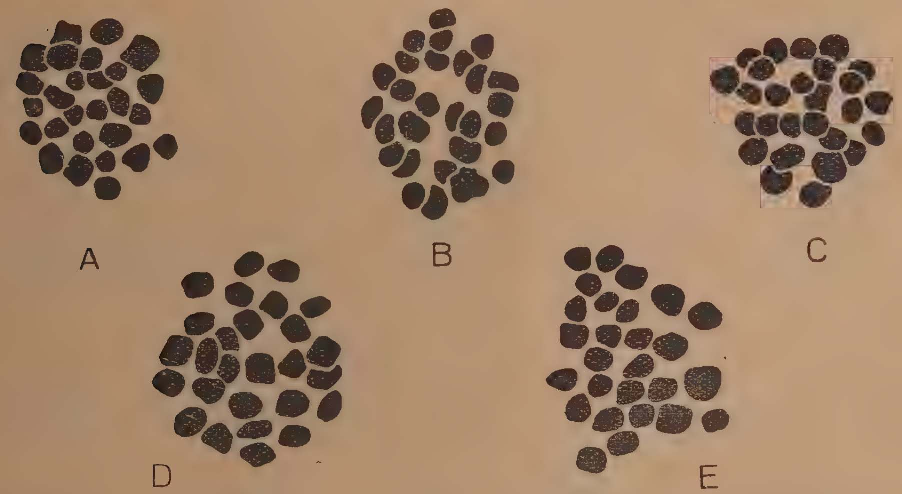
Les mesures de transparence peuvent donc servir, dans une large mesure, à étudier les courants compliqués dans le cas d'une rivière submergée et à donner des indications intéressantes pour la sédimentation des vases et leur floculation. Il paraît toutefois nécessaire d'établir quels sont les poids des sédiments par litre correspondant aux diverses transparences que j'ai pu mesurer.

---

[4] Toutes ces mesures ont été effectuées par temps gris, sans soleil, à des jours différents, avec des basses mers d'après-midi, afin de pouvoir négliger le facteur gênant que constitue la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon.

ZOOLOGIE. — *Sur les chromosomes du genre* Helix. Note de MM. **Jean-Louis Perrot** et **Max Perrot**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons montré [1] que trois espèces du genre *Helix H.* (*Helicogena*) *pomatia* L., *H.* (*Cryptomphalus*) *aspersa* Mull., *H.* (*Cantareus*) *aperta* Born présentent le même nombre de chromosomes $n = 27$ dans la lignée mâle (*fig.* A, B et C, métaphases de premières cinèses réductionnelles). [Nous



avons trouvé également $n = 27$, dans la lignée femelle de l'*Helix pomatia* (*Zeitsch. Zellforschung*, 27, 1937.]

Aujourd'hui, nous apportons une nouvelle contribution à l'étude de ce genre en ajoutant aux trois espèces précédentes les deux suivantes : *H.* (*Helicogena*) *cincta* Mull. et *H.* (*Helicogena*) *melanostoma* Drap.

Les *cincta* étudiés proviennent des environs de Vérone (Italie), les *melanostoma* des environs de Tunis (*fig.* D et E).

Nous n'avons pas été étonnés de constater, étant donnée la parenté évidente de ces espèces, que leur formule chromosique était analogue. Rappe-

(1) *Revue suisse de Zool.*, 45, 1938, p. 531.

lons que nous n'avons jamais trouvé, au cours de nos recherches sur plus de 20 espèces d'Hélicidés, appartenant à d'autres genres, de formules chromosomiques semblables. 27 paraît donc être une caractéristique du genre *Helix*.

Ces résultats nous amènent à écarter définitivement les formules $n = 12$ et $n = 24$ trouvées chez *Helix pomatia* par les anciens auteurs et admises encore dans la littérature. Nous avons donné déjà notre avis à ce propos (²) et prouvé que, vu la technique insuffisante et l'examen sur coupes minces, les anciens résultats ne pouvaient être pris en considération. Nous ne reviendrons pas sur cette question.

Le fait important souligné par notre étude est le suivant :

Similitude des formules chromosomiques quant au nombre dans un genre homogène, mais impossibilité de distinguer cytologiquement les sous-genres.

Si une comparaison de la morphologie des chromosomes était possible dans les métaphases goniales de ce groupe, on pourrait peut-être préciser la position systématique des espèces. Malheureusement une telle étude est impraticable et nous devons nous contenter simplement du nombre brut des éléments chromatiques établi à la première division de maturation.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le métabolisme des composés d'origine purique chez les Insectes.* Note de Mlle **Marie-Louise Rocco**, transmise par M. Richard Fosse.

La formation de l'acide urique, considéré comme le terme ultime le plus fréquent du catabolisme des purines, n'est pas un phénomène constant chez les Insectes, et Sonowski, en particulier, n'a pu caractériser cet acide dans les larves d'Odonates et de Dytiques. D'autre part, une série de recherches récentes viennent infirmer cette notion classique de l'excrétion de l'acide urique :

En 1935, Truszkowski et Chajkinova (¹) signalent l'uricase chez *Musca carnaria;*
En 1936, nous montrons l'existence chez les Carabes, d'une substance donnant

(²) *Revue suisse de Zool.*, 44, 1937, p. 203.

(¹) *Biochem. J.*, 29, 1935, p. 2361-2365.

toutes les réactions de l'acide allantoïque ([2]) et notons que l'allantoïnase est très répandue chez les *Carabidæ*, les *Dysticidæ*, les *Cerambycidæ*, les *Hydrophilidæ*, etc.

Enfin, en 1938, Brown ([3]) met en évidence l'uricase et l'allantoïne dans les œufs, les larves et les adultes du Diptère *Lucilia sericata* et constate que les larves et les adultes excrètent de l'allantoïne.

Nous nous proposons de résumer ici les résultats de nos recherches sur les modalités de cette excrétion.

Coléoptères. — *Carabidæ*. — Les espèces appartenant aux genres *Carabus*, *Cychrus*, *Scarites*, *Calosoma*, *Abax* et *Calathus* possèdent la propriété d'hydrolyser l'allantoïne en acide allantoïque; de plus, l'absence d'allantoïcase indique que le catabolisme des uréides glyoxyliques a pour terme ultime l'acide allantoïque.

Dysticidæ et *Hydrophilidæ*. — Les dytiques, insectes aquatiques et carnassiers, dégradent l'acide urique et l'allantoïne en acide allantoïque, alors que les Hydrophiles, à régime herbivore, ne possèdent pas cette propriété.

Tenebrionidæ. — L'absence d'uricase, d'allantoïnase et d'allantoïcase chez *Blaps gigas* L., *Blaps nitens*, *Blaps barbara* Sol., *Asida* sp., *Tenebrio molitor*, *Adesmia Solieri* et *Scaurus atratus* Fab., la présence de l'acide urique dans les excrétats des *Blaps* montrent que ces Ténébrionides sont essentiellement uricotéliques.

Orthoptères. — L'enzyme qui dégrade l'acide urique en allantoïne existe chez *Pamphagus marmoratus* ♂ et ♀, *Tmethis cisti* F., *Anacridium egyptium* L. et *Calliptamus italicus* L. Chez ces Orthoptères, l'uricase est accompagnée de l'allantoïnase que nous avons pu caractériser aussi chez *Phasgonura viridissima* L., *Phylloperta horticola* L., *Stenobothrus lineatus* Panz. et *Ephippiger ephippiger* Fiebig. Chez ces espèces l'acide urique et l'allantoïne doivent être considérés comme des termes intermédiaires du catabolisme purique, le terme final étant l'acide allantoïque.

Conclusions. — Chez les Insectes, l'excrétion d'acide urique n'est pas la règle générale, puisque de nombreuses espèces possèdent la propriété de le dégrader. La marche de la dégradation est identique à celle que l'on rencontre chez les Vertébrés : elle s'effectue par voie enzymatique et conduit soit à l'allantoïne, soit à l'acide allantoïque :

$$\text{Acide urique} \xrightarrow{\text{Uricase}} \text{Allantoïne} \xrightarrow{\text{Allantoïnase}} \text{Acide allantoïque.}$$

([2]) Mlle Rocco, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1947.

([3]) *Biochem. J.*, 32, 1938, p. 895-902.

Jusqu'ici nous n'avons pas rencontré d'insectes capables de scinder l'acide allantoïque en urée et acide glyoxylique; l'acide allantoïque apparaît donc comme le terme le plus avancé dans la série des réactions cataboliques.

Allantoïnase et uricase n'existent pas toujours simultanément chez les espèces étudiées, ce qui laisse supposer un métabolisme des uréides glyoxyliques indépendant du métabolisme purique.

Enfin, chez les Insectes aquatiques, les Dytiques carnassiers dégradent l'allantoïne, tandis que les Hydrophiles, à régime herbivore, ne possèdent pas cette propriété. Il existe donc une relation entre les conditions de vie, de milieu, et le catabolisme purique, que nous nous proposons de préciser.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *La formation de l'ovokératine chez* Raja batis. Note (¹) de Mlle **Cécile-Thérèse Baudouy**, présentée par M. Maurice Caullery.

La glande nidamentaire des Sélaciens sécrète une protéine soufrée ou prokératine (Fauré-Fremiet et Garrault, 1938) qui se transforme en ovokératine (Krukenberg, Fauré-Fremiet et Baudouy, 1938). Cette substance constitue la capsule cornée de l'œuf.

D'autres substances, généralement considérées comme des kératines, sont sécrétées par des procédés analogues. Le problème se pose de savoir comment les granulations de prokératine insoluble se transforment en lames et en fils anisotropes d'ovokératine, également insoluble. Nous avons étudié cette question chez *Raja batis*.

1. *État initial de l'ovokératine.* — Dans la capsule ovulaire en voie de formation, les diverses couches, déjà distinctes de l'ovokératine, se présentent sous l'aspect d'une substance blanche, molle, spongieuse et assez fortement hydratée. Cette ovokératine blanche diffère de l'ovokératine définitive : par la valeur de son imbibition maxima dans l'eau distillée, qui atteint 2,1 à 22° contre 1,25; par sa solubilité partielle dans la formamide; enfin, surtout, par la présence de groupements réducteurs, mise en

(¹) Séance du 14 novembre 1938.

évidence par la réaction de Hopkins, toujours fortement positive à son niveau. Ce fait montre qu'un grand nombre au moins des groupements —SH y sont libres et que la capsule en voie de formation est constituée primitivement par de l'ovokératine réduite. L'oxydation progressive de cette protéine commence dans l'organe nidamentaire; elle se poursuit de l'intérieur et de l'extérieur, car, dans l'œuf prêt à être pondu, on observe, dans l'épaisseur du limbe marginal, un cordon résiduel de substance blanche, qui donne encore fortement une réaction de Hopkins positive.

2. *État de la prokératine.* — Les cellules glandulaires chargées de prokératine donnent aussi, avec le nitroprussiate, une coloration, mais celle-ci est diffuse (J. Filhol et H. Garrault); en fait, il est probable que les groupes —SH libres appartiennent aux constituants cytoplasmiques et non pas aux grains de prokératine eux-mêmes, car, au cours de leur séparation, la coloration s'affaiblit progressivement et la réaction de Hopkins est négative avec les grains de prokératine isolés, quelle que soit la rapidité des opérations et l'ordre dans lequel les digestions trypsique et pepsique ont été effectuées.

La prokératine serait donc une protéine oxydée comme l'ovokératine définitive, chez laquelle, nous l'avons vu, la réaction de Hopkins est aussi négative.

On sait que la réduction des liaisons -S-S- permet de solubiliser les kératines épidermiques [2]; l'ovokératine blanche serait, par toutes ses propriétés, le témoin d'une telle réduction, qui expliquerait la solubilisation des granules de prokératine, préalablement au *filage* qui modèle les éléments constitutifs de la capsule. Reste à déterminer le lieu de cette réduction.

3. *Le milieu intérieur de l'organe nidamentaire.* — Utilisant des organes nidamentaires fraîchement recueillis, vides, ou occupés par un œuf, nous avons, sitôt leur ouverture, recueilli le mucus qui recouvre leur surface interne; c'est une substance blanc jaunâtre, visqueuse, épaisse, contenant des éléments cellulaires et accusant les propriétés tinctoriales d'un mucus. Cette substance, diluée dans de l'eau et mise en tube de Thunberg, avec

---

[2] Goddard et Michaelis, *Journ. of Biol. Chemistry*, **106**, 1934, p. 605; Linderström-Lang et Duspiva, *C. R. Trav. du Lab. de Carlsberg*, **21**, 1936, p. 54.

quelques gouttes de bleu de méthylène, réduit rapidement ce colorant après que l'on a fait le vide. Le bleu réapparaît lorsqu'on laisse pénétrer de l'air dans le tube et le phénomène reste longtemps réversible. Ce produit muqueux donne avec intensité une réaction de Hopkins positive; son pH, déterminé colorimétriquement, est voisin de 6; A. Litvac a trouvé la même valeur par micro-injection d'indicateurs colorés dans la lumière des glandes à sécrétion mucoïde de l'organe nidamentaire.

4. *Interprétation des faits.* — Sachant que la liaison -S-S- des ponts de cystine est un des principaux facteurs de la grande stabilité de certaines protéines fibreuses, la mise en évidence d'un état réduit de l'ovokératine, récemment formée et la présence, dans l'organe nidamentaire, d'un milieu liquide réducteur sont intéressantes à rapprocher du fait qu'une solubilisation de la prokératine précède vraisemblablement son *filage* en lames et en fibres pour donner l'ovokératine définitive. Cependant, la solubilisation des kératines réduites n'a été obtenue qu'en milieu alcalin, alors que le milieu de l'organe nidamentaire est légèrement acide. En fait, nous avons essayé de dissoudre la prokératine *in situ*, ou après séparation, en faisant agir, en tube de Thunberg, des solutions réductrices : Glutathion et Chlorhydrate de cystéine à 10 pour 100, mais le résultat a toujours été négatif. Il reste donc une incertitude sur le mécanisme de cette solubilisation, comme sur la substance réductrice présente dans la glande nidamentaire et dont la nature reste indéterminée, sachant qu'elle ne peut être considérée comme un véritable mucus [3].

---

[3] É. Fauré-Frémiet et C.-T. Baudouy, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **20**, 1938, p. 14.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La ségrégation du germen et le problème général de la ségrégation embryonnaire.* Note [1] de M. **Louis Bounoure**, présentée par M. Louis Bouvier.

La ségrégation du germen au début du développement, bien connue aujourd'hui chez divers animaux de toutes classes, n'est que le premier en date des phénomènes progressifs de ségrégation dont le jeune embryon est le siège. Définie par Ray-Lankester (1877) comme un triage des *molécules physiologiques* déterminant les qualités spécifiques des cellules, la ségrégation embryonnaire, qui prépare les différenciations futures, soulève, quant à la nature de son mécanisme, des interprétations divergentes qui se ramènent aux deux vieilles tendances de la prédétermination et de l'épigénèse. Il s'agit, en somme, de décider *si la spécificité précède la ségrégation embryonnaire ou si elle résulte de cette ségrégation* (Fr. R. Lillie, 1929). Que nous apprend, sur ce sujet, l'étude de la ségrégation des cellules germinales?

Nous avons montré antérieurement [2] que la séparation du soma et du germen, chez la Grenouille, se réalise, au cours de la segmentation, par un processus bien défini de *division différentielle :* portant sur les premiers macromères, *matériellement hétérogènes*, il isole leurs parties différentes en les distribuant respectivement aux cellules filles; il suffit pour cela que le plan de division ait une orientation convenable par rapport aux axes structuraux de la cellule mère; c'est la loi générale posée par Conklin (1924) : *Étant donnée une cellule qui est hétérogène ou anisotrope, la division sera différentielle ou non différentielle suivant la position des plans de clivage.*

Établie à propos de l'origine des différenciations du soma, cette loi trouve une application sans défaut dans tous les cas connus de ségrégation précoce du germen. Nous avons décrit et figuré chez la Grenouille la série de divisions différentielles qui se déroule dans la blastula avant la gastrulation, et qui, portant sur des macromères de caractère encore mixte comme l'œuf lui-même, en détache les premières *cellules germinales pures :* la position marginale, dans ces macromères, d'une plage de cytoplasme spécial, destinée au germen, y détermine une certaine polarité, et toujours

---

(1) Séance du 14 novembre 1938.

(2) *Annales Sc. naturelles,* 10e série, 17, 1934, p. 67-248.

le plan de division coupe l'axe des pôles de manière à faire apparaître deux cellules de valeur différente, l'une somatique, l'autre germinale (Bounoure, 1934).

Il en est de même chez tous les Invertébrés étudiés à cet égard : chez les Copépodes (Haecker, 1897; Amma, 1911) et chez *Asplanchna* (Nachtwey, 1925), où les ectosomes destinés à la lignée germinale s'accumulent autour de l'un des pôles mêmes de la division; chez *Polyphemus* (Kühn, 1913) et chez *Sagitta* (Buchner, 1910; Stevens, 1910) où le plan de clivage est toujours assez oblique par rapport à l'axe des pôles pour qu'un seul des blastomères hérite du déterminant germinal; chez les Insectes, où la division différentielle s'affirme si nettement dans la formation des cellules polaires (Kahle, 1908; Hasper, 1911; Hegner, 1914, etc.). Il n'est pas jusqu'à l'*Ascaris*, où Boveri (1910) n'ait tiré, par une pénétrante analyse de ses expériences, la preuve d'une *polarité invisible* de l'œuf et du caractère différentiel des premières divisions de segmentation. En somme, à tous les cas connus s'applique l'observation de Nachtwey (1925) : « C'est une série ininterrompue de mitoses inégales qui conduit de l'œuf à la cellule germinale initiale et assure la constitution d'une lignée souche reproductrice ».

Or les divisions de segmentation ne sont différenciatrices qu'en vertu de la localisation hétérogène des substances cytoplasmiques dans l'œuf et les blastomères; c'est cette localisation qui est la condition fondamentale du processus, ainsi que Conklin (1905) l'a mis en évidence dans la ségrégation des potentialités du soma chez les Ascidies. Que *la localisation soit plus essentielle que le clivage*, c'est ce qui ressort aussi, de façon constante, de l'étude de la ségrégation du germen. La mise en évidence, dans tous les cas, de formations cytoplasmiques préexistantes ou *déterminants germinaux*, destinés aux gonocytes, la démonstration expérimentale de leur rôle, fournie chez les Insectes par Hegner (1911) et Geigy (1931), et chez la Grenouille par nous-même [3], ne laissent aucun doute sur la prédétermination du germen. Certes la mise à part d'une lignée reproductrice distincte est, dans le jeune embryon, une innovation, mais elle tombe entièrement sous la formule : *nihil innovatur nisi quod traditur*. En un mot, dans la séparation précoce du germen, la *spécificité précède la ségrégation*, et il ne peut être ici question d'épigénèse, à moins que ce mot ne veuille désigner simplement l'apparition d'une partie nouvelle, ou qu'on ne prétende substituer des vues théoriques aux résultats positifs et concordants de l'observation et de l'expérience.

---

[3] *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1223, et **204**, 1937, p. 1837; *C. R. Soc. Biol.*, **120**, 1935, p. 1316, et **125**, 1937, p. 898.

On sait quel rôle considérable joue l'épigénèse dans le développement du soma, subordonné à l'action inductrice du *centre organisateur* de Spemann. Mais ce centre organisateur représente lui-même une localisation préalable. Ainsi le germe de la Grenouille offre deux localisations essentielles, aujourd'hui bien définies par l'expérience et d'importance égale : le centre organisateur du soma et le déterminant de la lignée germinale; dans les deux cas, les phénomènes de ségrégation différenciatrice, bien que se réalisant par des processus différents pour le soma (induction) et pour le germen (division différentielle), impliquent l'anisotropie initiale du germe.

C'est à l'origine même de cette anisotropie, bien mieux que dans les processus de l'embryogénie, qu'il faut chercher, sans doute, l'épigénèse essentielle : celle qui, dans l'oocyte en accroissement, jette les premières fondations de l'organisme futur et règle ainsi par avance la marche infaillible des ségrégation embryonnaires. C'est jusque-là que recule aujourd'hui le grand mystère de l'organisation et de la spécificité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de régimes producteurs d'avitaminose* B *totale ou de déséquilibre minéral sur la composition du muscle de Pigeon.* Note de MM. **Raoul Lecoq** et **Roger Duffau**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

La polynévrite peut, comme on sait, être provoquée chez le Pigeon par ingestion de régimes privés de vitamines B ou présentant des déséquilibres alimentaires variés, organiques ou minéraux [1]. L'avitaminose B totale et le déséquilibre glucique aigu, obtenus au moyen de rations artificielles renfermant respectivement 66 pour 100 de glucose et de galactose, entraînent une imprégnation lactique importante du muscle et une augmentation du taux des composés réducteurs glucidiques, des orthophosphates et du phosphore total acidosoluble. En rapport avec l'évolution plus rapide des accidents polynévritiques, on note des taux d'acide lactique et de substances

(1) R. Lecoq, *Déséquilibres alimentaires et nutritifs*, Paris, 1938.

réductrices plus élevés dans le déséquilibre glucidique aigu que dans l'avitaminose B; il ne semble pas cependant que l'apparition des crises polynévritiques soit liée à une accumulation momentanée de ces corps dans le muscle [2].

Il nous a paru intéressant de rechercher, en relation avec les faits précédents, les différences de composition de muscle pouvant se manifester chez le Pigeon au cours d'une avitaminose B d'évolution plus lente, le saccharose étant substitué au glucose par exemple, et au cours d'un déséquilibre atténué, obtenu très simplement par addition de 5 pour 100 de sulfate de sodium à un régime à base de saccharose, normalement complété par addition de doses échelonnées de levure de bière.

Voici la composition centésimale des régimes utilisés :

	I.	II.	III.
Caséine purifiée	6	6	6
Fibrine purifiée	5	5	5
Ovalbumine purifiée	5	5	5
Graisse de beurre	4	4	4
Glucose	66	–	–
Saccharose	–	66	61
Sulfate de sodium cristallisé	–	–	5
Mélange salin d'Osborne et Mendel	4	4	4
Agar-agar	8	8	8
Papier filtre	2	2	2

Donnés par gavage à des pigeons adultes de 350^g environ, à raison de 20^g par jour, dose énergétiquement satisfaisante, les régimes I et II permettent de longues survies quand ils sont complétés par addition quotidienne suffisante de levure de bière desséchée (dose optima : 2^g par jour), bonne source de vitamines B. En l'absence de levure, on voit apparaître chez les pigeons recevant ces régimes des crises polynévritiques typiques, et la mort des animaux survient assez régulièrement du 13e au 20e jour d'expérience avec le régime au glucose, et du 16e au 20e jour avec le régime au saccharose.

---

(2) R. Lecoq et R. Duffau, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 449.

Les résultats obtenus avec le régime III varient suivant la dose de levure ajoutée quotidiennement. Avec 0g,50, les pigeons meurent du 4e au 6e mois, après avoir présenté des crises polynévritiques, le déséquilibre atténué se superposant ici à l'avitaminose B fruste. Avec 1 et 2g de levure, les sujets ont des survies de 5 à 7 mois, mais présentent avant la mort des accidents polynévritiques dus au déséquilibre minéral. Avec 4g de levure, fournissant une quantité de vitamines B double de la dose optima, il semble que les troubles dus au déséquilibre minéral soient compensés, les animaux présentant de longues survies sans incidents.

Les pigeons soumis aux régimes sans levure furent sacrifiés par section de l'encéphale, en période de crises polynévritiques, du 17e au 19e jour dans le cas du saccharose et du 12e au 14e jour dans le cas du glucose. Les animaux recevant les mêmes régimes complétés avec 2g de levure furent tués au 6e mois d'expérience. Enfin, les pigeons recevant le régime au saccharose déséquilibré par addition de sulfate de sodium furent sacrifiés au bout de 5 mois (sujets recevant 0g,50 de levure par jour) ou de 6 mois (tous les autres sujets). Dans tous les cas, le prélèvement du muscle, la fixation et le dosage des principaux constituants furent pratiqués selon les méthodes préconisées par l'un de nous ([3]). Les résultats groupés dans le tableau ci-dessous représentent les moyennes de 3 à 4 animaux, et sont exprimés en milligrammes de composés réducteurs glucidiques, d'acide lactique ou de phosphore.

Nature du régime	66 % saccharose	66 % glucose	66 % saccharose	66 % glucose	61 % de saccharose et 5 % de sulfate de sodium			
	+ 2g levure		sans levure		+ 0g,50 lev.	+ 1g lev.	+ 2g lev.	+ 4g lev.
Durée du régime	6 m	6 m	17-19 j	12-14 j	5 m	6 m	6 m	6 m
Composés réducteurs glucidiques totaux	224	247	252	216	339	323	309	311
Acide lactique	230	212	257	248	199	206	186	117
Orthophosphates	87	80	97	124	79	86	84	70
Acide créatinephosphorique	11	10	10	6,5	7	14	12	7
Acide adénylpyrophosphorique	24	23	22	22	18	16	21	19
Esters facilement hydrolysables	20	22	23	19,7	21	26	24	22
Phosphore total acidosoluble	179	180	190	224	162	187	185	167

Interprétation des résultats et conclusions. — Dans l'avitaminose B totale,

---

([3]) R. Duffau, *Bull. Sc. pharmacol.*, 43, 1936, p. 577.

l'imprégnation lactique du muscle du Pigeon est toujours nette, quelle que soit la nature du glucide du régime expérimental; mais le taux de glucides réducteurs du tissu musculaire s'élève avec le saccharose et le taux des orthophosphates et du phosphore total acido-soluble s'exagèrent avec le glucose.

Le déséquilibre minéral atténué obtenu par addition de sulfate de sodium à un régime à base de saccharose s'accompagne d'une augmentation sensible des composés réducteurs musculaires, alors que l'acide lactique et les orthophosphates n'augmentent pratiquement pas.

Un large apport de vitamines B permettant au Pigeon de s'adapter au déséquilibre minéral atténué entraîne la production réactionnelle d'un équilibre humoral particulier, se traduisant par des taux d'acide lactique et d'orthophosphates inférieurs à la normale.

PHARMACOLOGIE. — *Sur les effets hypotenseurs et vaso-dilatateurs de la cryptolépine*. Note [1] de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

Du *Cryptolepis sanguinolenta* Schlechter, que la thérapeutique indigène africaine utilise comme stomachique ainsi que *contre la fatigue et la courbature*, Michiels [2] a extrait un alcaloïde, la cryptolépine, que nul avant nous n'avait étudié au point de vue pharmacologique.

Après avoir montré que la cryptolépine provoque une forte hypothermie et diminue beaucoup les effets hypertenseurs et vasoconstricteurs rénaux de l'adrénaline [3], nous ferons connaître aujourd'hui les effets circulatoires de cet alcaloïde que nous avons pu extraire, en quantité suffisante, de matériaux récoltés pour nous en Nigeria.

Nos expériences nous ont appris que la cryptolépine produit, chez le Chien, une forte et assez durable hypotension. C'est ainsi que, à la dose de 5^{mg} par kilogramme, cet alcaloïde a provoqué, chez des chiens bivagotomisés, une chute de la pression artérielle qui a dépassé 5^{cm} de Hg (*fig.* 1 et 2).

---

[1] Séance du 14 novembre 1938.

[2] E. Clinquart, *Bull. Acad. Méd. Belgique*, 5e série, 9, 1929, p. 627.

[3] Raymond-Hamet, *C. R. Soc. Biol.*, 126, 1937, p. 768.

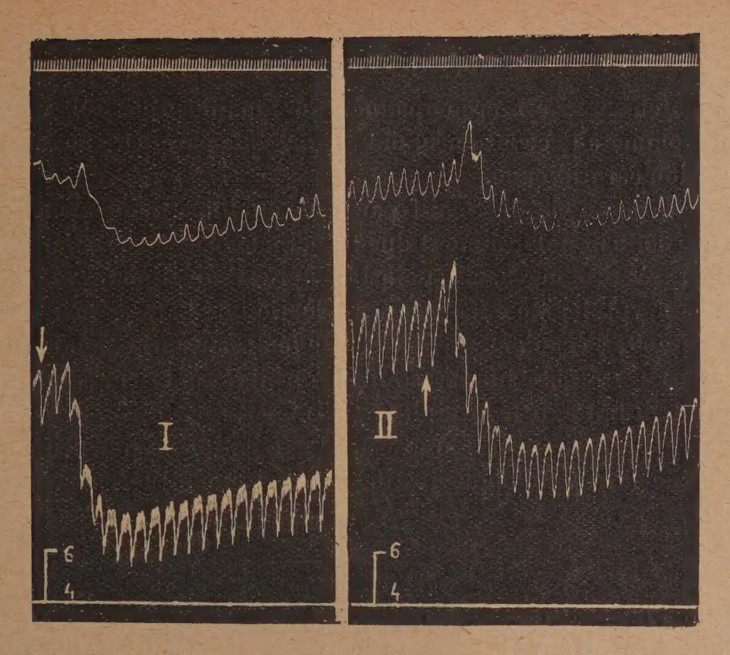


Fig. 1 et 2. — Chiens anesthésiés par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisés au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes. 2e ligne : variations du volume du rein enregistrées par l'oncographe d'Hallion et Comte par nous modifié. 3e ligne : modifications de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. I. Expérience du 12 mars 1938. Chien de 8^{kg},500. II. Expérience du 16 mars 1938. Chien de 9^{kg}. Aux points marqués par les flèches, on a injecté dans la saphène, en I, 42^{mg},5, en II, 45^{mg} de chlorhydrate de cryptolépine. Tracés réduits de 1/4.

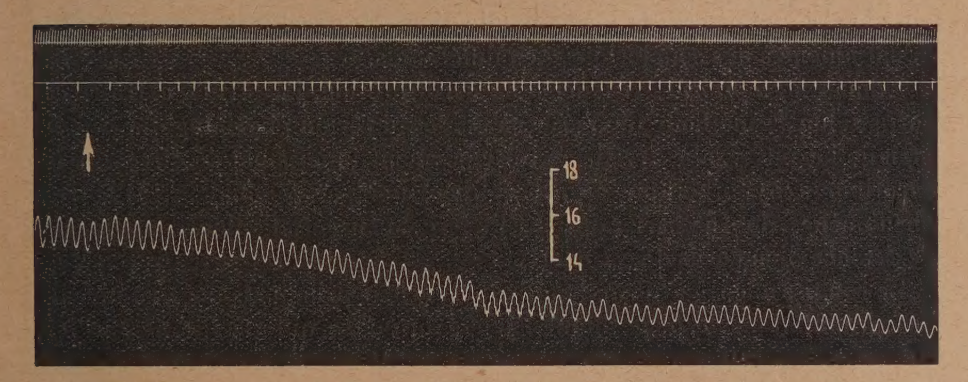


Fig. 3. — Expérience du 16 avril 1938. Chienne de 20^{kg}, anesthésiée par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisée au cou, soumise à la respiration artificielle et ayant reçu, pour rendre son sang incoagulable, une injection intraveineuse de 180^{mg} de polyanétholsulfonate de sodium. 1re ligne : temps en secondes. 2e ligne : modifications de l'écoulement sanguin de la veine fémorale enregistrées au moyen d'un compteur de débit du type Condon. 3e ligne : variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. Au point marqué par la flèche, on a injecté, dans une ramification de l'artère fémorale, 10^{mg} de chlorhydrate de cryptolépine dissous dans 2^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracé réduit de 35 pour 100.

Cette hypotension s'est accompagnée de modifications du volume du rein qui, comme à l'accoutumée, ont été presque parallèles aux variations de la pression carotidienne.

Grâce à la méthode de Schilf par nous modifiée, nous avons pu nous assurer que cette hypotension est due principalement à une vaso-dilatation très forte et très prolongée. C'est ainsi qu'après l'injection de 10^{mg} de chlorhydrate de cryptolépine dans une ramification de l'artère fémorale d'une chienne de 20^{kg}, l'écoulement de la veine fémorale correspondante a quadruplé et est resté pendant assez longtemps très supérieur à ce qu'il était avant qu'on ait fait agir le produit (*fig.* 3).

On est en droit de penser que cette forte action hypotensive et vasodilatatrice de la cryptolépine justifierait une étude thérapeutique de cet alcaloïde.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le rougissement du Criquet pèlerin.* Note de M. **Rémy Chauvin**, présentée par M. Émile Roubaud.

Künckel d'Herculais a signalé [1] que le Criquet pèlerin, comme le Homard, rougit dans l'eau bouillante. Verne ayant découvert plus tard que le changement de coloration du Homard provient de la décomposition d'un carotiprotide, il semblait naturel d'attribuer au même phénomène chez le Criquet pèlerin la même explication. Mes recherches personnelles m'ont amené à des conclusions bien différentes.

Admettant *a priori* l'existence d'un carotiprotide, j'essayai d'extraire ce corps selon la méthode de Verne, à l'aide du sérum physiologique dilué; mais je ne pus y réussir. Il me fut également impossible de dissoudre le carotinoïde hypothétique après sa libération par la chaleur. D'autres phénomènes, dont je parlerai tout à l'heure, me firent, d'ailleurs, douter de l'existence d'un corps de cet ordre.

Le rougissement par l'eau bouillante survient principalement au niveau des granulations hypodermiques jaune brunâtre qui persistent sur les coupes à la paraffine comme les mélanines. Or les essais d'extraction par les méthodes d'Abel et Davis, de Piettre etc. ne donnèrent aucun résultat, ni avant, ni après rougissement par la chaleur.

---

[1] *Comptes rendus*, 114, 1893, p. 240.

Ce phénomène ne se produit pas seulement par la chaleur, mais par l'alcool, le benzène etc., et même l'eau pure quand la décomposition commence. On a signalé aussi une rubéfaction au cours des infections chez *Schistocerca paranensis*, très voisin de *S. gregaria*. De plus, les téguments rougissent dans les réducteurs comme l'hydrosulfite de sodium ; on peut alors les faire revenir rapidement à leur teinte primitive par l'eau oxygénée, puis les faire rougir à nouveau par la solution réductrice. Le même phénomène peut se reproduire cinq ou six fois de suite, en s'affaiblissant chaque fois.

Extraction. — Les téguments, rougis dans une solution concentrée d'hydrosulfite, sont lavés, séchés au papier-filtre et broyés avec du sable. La poudre rouge est épuisée par l'alcool absolu *à froid* (très important). Beaucoup d'impuretés, et notamment les carotinoïdes, sont ainsi entraînées. On agite la poudre avec de l'alcool absolu + 5 pour 100 d'acide chlorhydrique normal. On filtre, on concentre dans le vide, on précipite par l'éther en grand excès, on reprend par l'alcool-acide. Le pigment brun du tégument frais s'extrait de la même façon et donne une liqueur jaune brun.

Propriétés. — Pour la commodité de cet exposé j'appellerai acridioxanthine le pigment brunâtre et acridioérythrine le composé rouge qui en résulte par réduction. L'acridioérythrine est soluble dans les alcools méthylique et éthylique acidifiés par l'acide chlorhydrique, insoluble dans les solvants des corps gras. La solution rouge acide, alcalinisée par la soude, vire au jaune au bout d'un certain temps et revient au rouge par réacidification. Après précipitation de l'acridioérythrine par l'éther, on peut reprendre le précipité par l'eau distillée, alcalinisée par 1 pour 100 au minimum de soude normale. La solution rouge sang se décolore très vite et passe au jaune très pâle. La liqueur alcoolique rouge chauffée se décolore également.

L'acridioxanthine est soluble dans les mêmes réactifs que l'acridioérythrine. La solution dans l'alcool-acide ou dans l'eau alcaline ne rougit pas par la chaleur. Après adjonction d'éther, le précipité, passé par l'eau oxygénée et mis en suspension dans une solution d'hydrosulfite, rougit faiblement. La très vive rubéfaction du tégument frais doit être en rapport avec la structure physique des granules hypodermiques. Si, sur une coupe épaisse à la paraffine, on dépose une goutte de solution d'hydrosulfite, on obtient un rougissement immédiat. Une goutte d'alcool-acide fait disparaître aussitôt la coloration.

Ces pigments énigmatiques semblent à première vue se rapprocher des anthocyanes des feuilles d'automne, qui dérivent par réduction de composés flavoniques jaunâtres (Combes). Une des réactions les plus caractéristiques des anthocyanes (dissolution dans l'alcool + acide acétique et précipitation par l'extrait de Saturne) est malheureusement impossible ici, l'acridioérythrine étant insoluble dans les mélanges d'alcool et d'acide acétique. De plus, sa purification est très difficile; je n'ai pu jusqu'ici l'obtenir à l'état cristallisé et le spectre n'offre pas de bandes distinctes.

A tous les stades, chez le Criquet pèlerin grégaire, il existe un rougissement très net, particulièrement marqué chez l'adulte immature, beaucoup moins chez les adultes âgés, depuis longtemps à maturité sexuelle. J'ai décelé, de plus, l'acridioérythrine chez *Locusta migratoria* (*transiens dissocians*) et chez *Stenobothrus*. Chez *Nemobius* (Gryllides) le rougissement est faible et localisé. Je n'ai pu expérimenter chez les *Phasgonurides*.

En résumé, on trouve chez le Criquet pèlerin et chez d'autres Acridiens un composé jaune hypodermique virant au rouge par réduction. Certaines des propriétés de ce corps (solubilité, virage par les alcalis) semblent le rapprocher des anthocyanes, mais il est impossible de se prononcer définitivement tant qu'on n'aura pu en obtenir le spectre ou les cristaux.

MM. **Maurice Mercier** et **A. Seguin** adressent [1] un Mémoire intitulé *Les fontaines* ardentes *du Dauphiné*.

A 15h40 l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

---

[1] Séance du 14 novembre 1938.